

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αριθμός 1130

ΘΕΜΑ: Παρουσίαση κανονισμών πιστοποίησης στον τομέα των Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων και αναφορά των γενικών χαρακτηριστικών που πρέπει να πληρούν οι Ηλεκτρικές Μηχανές σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό standard της IEC. Αναλυτική παρουσίαση των μεθόδων προσδιορισμού των απωλειών και της απόδοσης μεγάλων μηχανών κατά το πρότυπο IEC 60034-2-2.

ΕΙΣΗΓΗΤΕΣ:
ΗΛΙΟΠΟΥΛΟΣ ΦΩΤΗΣ
ΜΠΕΛΛΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:
ΠΑΠΑΓΡΗΓΟΡΙΟΥ ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ
ΧΡΥΣΙΚΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΠΑΤΡΑ 2011

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο : ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΤΥΠΑ	6
1.1. Εισαγωγή.....	6
1.2. Ιστορική Αναδρομή Τυποποίησης στην Ελλάδα	9
1.2.1. Η Αρχική Πρόταση	9
1.2.2. Η Μεταπολεμική Προσπάθεια	10
1.2.3. Πτώση του Ενδιαφέροντος και Ανακοπή Εργασιών.....	10
1.2.4. Το Ειδικό Παγκόσμιο Αρχείο Προτύπων του ΤΕΕ	11
1.2.5. Νέες Προσδοκίες	11
1.2.6. Η Ελληνική Ηλεκτροτεχνική Ένωση (Ε.Η.Ε)	12
1.2.7. Σύσταση του Οργανισμού Τυποποίησης Ελληνικών Προϊόντων (ΟΤΕΠ)..	12
1.2.8. Σύσταση της Διεύθυνσης Τυποποίησης στο Υπουργείο Βιομηχανίας.....	13
1.2.9. Ρόλος της Διεύθυνσης Τυποποίησης του Υπουργείου Βιομηχανίας	13
1.2.10. Ίδρυση του Ελληνικού Οργανισμού Τυποποίησης (ΕΛΟΤ)	14
1.2.10.1. Δραστηριότητες ΕΛΟΤ	
1.2.10.1.1. Τυποποίηση	15
1.2.10.1.2. Πιστοποίηση	18
1.2.10.1.3. Εργαστήρια Δοκιμών	19
1.2.10.1.4. Πληροφόρηση-Εκπαίδευση.....	20
1.1.11 Το Πρώτο Ευρωπαϊκό Πρότυπο.....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ –	
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΕΥΡΩΠΑΪΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ..	
2.1. Κανονισμοί Πιστοποίησης Στον Τομέα των Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων.....	23
2.1.1. Το Πρότυπο ΚΕΗΕ.....	23
2.1.2. Το Πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384	25
2.1.3. Ομοιότητες και Διαφορές του ΚΕΗΕ και του ΕΛΟΤ 384	28
2.2. Γενικά Χαρακτηριστικά Ηλεκτρικών Μηχανών Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο	
IEC	
2.2.1. Εισαγωγικά για τις Ηλεκτρικές Μηχανές.....	34
2.2.2. Το Ευρωπαϊκό Πρότυπο IEC.....	37
2.2.3. Το πρότυπο IEC 60034-1	39
2.2.3.1. Κύκλος Λειτουργίας	39
2.2.3.2. Βαθμονόμηση	44
2.2.3.3. Συνθήκες Λειτουργίας	44
2.2.3.4. Ηλεκτρικές Συνθήκες Λειτουργίας.....	45
2.2.3.5. Θερμική απόδοση.....	48
2.2.3.6. Άλλοι Έλεγχοι Απόδοσης	48
2.2.3.7. Πινακίδες Μηχανής	51
2.2.3.8. Διάφορες Απαιτήσεις	53
2.2.3.9. Ηλεκτρομαγνητική Συμβατότητα	54
2.2.3.10. Ασφάλεια	54
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο : ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΜΕΓΑΛΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ.....	55
3.1. Μέτρηση απόδοσης με τη μέθοδο της βαθμονομημένης μηχανής	59
3.1.1. Διαδικασία δοκιμών	59
3.1.2. Καθορισμός απόδοσης	61

3.1.3. Κατανεμημένες απώλειες.....	62
3.2. Μέθοδος επιβράδυνσης.....	
3.2.1. Γενικά	62
3.2.2. Διαδικασία δοκιμών	63
3.2.3. Καθορισμός επιβράδυνσης	66
3.2.4. Καθορισμός σταθεράς επιβράδυνσης.....	67
3.2.5. Καθορισμός απωλειών	69
3.3. Μέθοδος θερμιδομέτρησης	
3.3.1. Γενικά	70
3.3.2. Μέτρηση θερμότητας.....	72
3.3.2. Καθορισμός απωλειών	75
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο : ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ ΜΕΓΑΛΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ.....	
4.1. Γενικά	83
4.2. Κατηγοριοποίηση κατά EFF1, EFF2, EFF3	83
4.2.1. Εύρεση της απόδοσης κατά IEC 60034-2	85
4.3. Κατηγοριοποίηση κατά NEMA.....	88
4.3.1. Εύρεση της απόδοσης κατά IEEE 112-Method B.....	89
4.4. Λογισμικό EURODEEM.....	91
4.5. Κατηγοριοποίηση κατά JEC	95
4.6. Συμπεράσματα.....	96
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	98
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	101

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία γίνεται έρευνα σχετικά με τους κανονισμούς πιστοποίησης στους τομείς των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων αλλά κυρίως των ηλεκτρικών μηχανών. Στόχος της εργασίας είναι να αναλυθούν οι κανονισμοί πιστοποίησης και να καθορισθούν τα γενικά χαρακτηριστικά των ηλεκτρικών μηχανών με βάση τα Ευρωπαϊκά πρότυπα, δίνοντας ιδιαίτερη βαρύτητα στα πρότυπα για την εύρεση των απωλειών και της απόδοσης των μηχανών.

Αναλυτικότερα στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια ιστορική αναδρομή στο θέμα των προτύπων με στόχο να γίνει κατανοητό από κάθε τεχνικό τόσο η ανάγκη ύπαρξης, χρήσης, συμμόρφωσης με αυτά, όσο και η επιβεβλημένη ανάγκη συνεχούς ανάπτυξης για τη ποιοτική βελτίωση των προϊόντων και των κατασκευών.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναπτύσσονται περιληπτικά οι κανονισμοί πιστοποίησης που πρέπει να ικανοποιούν οι εσωτερικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, με στόχο να τονισθεί η αναγκαιότητα να εξασφαλισθεί αρχικά η ασφαλής λειτουργία των συσκευών χωρίς να δημιουργούνται κίνδυνοι για τα άτομα, τις συσκευές και τα αγαθά. Επίσης γίνεται αναφορά σε όλα τα πρότυπα που πρέπει να πληρούν οι ηλεκτρικές μηχανές, με ιδιαίτερη έμφαση στο πρότυπο IEC 60034-1 που περιγράφει τις βασικότερες προϋποθέσεις πιστοποίησης των στρεφόμενων ηλεκτρικών μηχανών.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναλυτική παρουσίαση τριών μεθόδων εύρεσης των απωλειών των ηλεκτρικών μηχανών. Για να καθοριστεί η απόδοση των μηχανών προτείνονται τρεις διαφορετικοί τρόποι: με βαθμονομημένη μηχανή, με επιβράδυνση και με θερμιδομέτρηση. Οι μεθοδολογίες αυτές είναι γνωστές στον τομέα των ηλεκτρικών μηχανών, αλλά μόλις τον Ιούνιο του 2010 έγιναν μέθοδοι πιστοποίησης.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρονται τα τρία κυριότερα πρότυπα για την εύρεση της απόδοσης των ηλεκτρικών μηχανών. Το κάθε πρότυπο αντιστοιχεί ουσιαστικά σε διαφορετική ήπειρο και γι αυτό χρησιμοποιούν διαφορετικές μεθοδολογίες για την εύρεση της απόδοσης, οπότε αναπτύχθηκαν και οι αντίστοιχες πιστοποιήσεις. Τα πρότυπα κατά

NEMA IEEE 112-Method B, IEC 60034-2, JEC 37 είναι τα χρησιμοποιούμενα πρότυπα παγκοσμίως. Τέλος γίνεται και μια λεπτομερής περιγραφή του λογισμικού EuroDEEM που περιέχει τις βάσεις δεδομένων των μηχανών πιστοποιημένες με αυτά τα πρότυπα.

Στο τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και μελλοντικές προτάσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΤΥΠΑ

1.1. Εισαγωγή

Σήμερα με τον όρο τυποποίηση (standardization) εννοούμε μια δραστηριότητα που δίνει λύσεις για επαναλαμβανόμενη εφαρμογή σε προβλήματα επιστημονικά, τεχνολογικά ή οικονομικά και αποσκοπεί στο καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα για κάθε συγκεκριμένη περίπτωση. Γενικά, η τυποποίηση περιλαμβάνει τις διαδικασίες της σύνταξης, της έκδοσης και της εθνικής μεταφοράς προτύπων.

Η έννοια του προτύπου (standard) ξεκινά από την τεχνική προδιαγραφή (technical specification) που όπως είναι γνωστό, είναι έντυπο που αναφέρει τα χαρακτηριστικά ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας (π.χ. χαρακτηριστικά ποιότητας, επιδόσεις, χαρακτηριστικά ασφάλειας, διαστάσεις) και μπορεί να περιλαμβάνει ή να ασχολείται αποκλειστικά με ορολογία, σύμβολα, έλεγχο και μεθόδους δοκιμής, συσκευασία ή απαιτήσεις σημάτων ποιότητας (συμμόρφωσης). Τεχνικές προδιαγραφές μπορεί να συντάξει οποιοσδήποτε, πρόσωπο ή οργανισμός, σε ιδιωτικές ή δημόσιες συμφωνίες, στις προμήθειες υλικού στις κατασκευές, στην παραγωγή υλικών ή προϊόντων κτλ. Τα πρότυπα, λαμβάνοντας υπόψη τα τελευταία επιστημονικά δεδομένα του σχετικού τομέα, τις ανάγκες του καταναλωτή ή χρήστη αλλά και του φυσικού και/ή τεχνητού περιβάλλοντος και τις απαιτήσεις του εμπορίου και της Δημόσιας Διοίκησης, παρεμβαίνουν δραστικά στις τεχνικές προδιαγραφές των παραγωγών/παροχών, εισάγοντας σ' αυτές εναρμονισμένα κριτήρια και κατευθύνσεις και εξασφαλίζοντας με αυτόν τον τρόπο προϊόντα και υπηρεσίες που χαρακτηρίζονται από σταθερότητα, ποιότητα και συμβατότητα, με τελικό αποτέλεσμα μια αγορά ενοποιημένη που εξυπηρετεί ικανοποιητικά τις ανάγκες του κοινωνικού συνόλου.

Αυτό που διαφοροποιεί την έννοια της τεχνικής προδιαγραφής και οδηγεί στην έννοια του προτύπου είναι η προσιτότητα στο ευρύ κοινό και-κυρίως-ο τρόπος δημιουργίας του. Το εθνικό πρότυπο (π.χ. πρότυπο ΕΛΟΤ) έχει εκπονηθεί με συναίνεση όλων των ενδιαφερομένων-σε εθνική κλίμακα-και έχει εγκριθεί από αναγνωρισμένο εθνικό οργανισμό τυποποίησης (π.χ. ΕΛΟΤ). Το ευρωπαϊκό πρότυπο (EN, ETS κτλ.) έχει εκπονηθεί με συναίνεση όλων των ενδιαφερομένων-σε ευρωπαϊκή κλίμακα-και έχει εγκριθεί από μία

από τις τρεις ευρωπαϊκές οργανώσεις τυποποίησης CEN, CENELEC ή ETSI με διακρατική ευρωπαϊκή ψήφιση (ψήφιση από τις χώρες μέλη μέσω των οργανισμών τυποποίησής τους). Το παγκόσμιο πρότυπο (π.χ. ISO, IEC) έχει εκπονηθεί με συναίνεση όλων των ενδιαφερομένων-σε παγκόσμια κλίμακα-και έχει εγκριθεί από μία από τις δύο παγκόσμιες οργανώσεις τυποποίησης ISO, IEC.

Ένας άλλος ορισμός της τυποποίησης είναι η δραστηριότητα με την οποία καθιερώνονται, για υφιστάμενα ή δυνητικά προβλήματα κοινής και επαναλαμβανόμενης χρήσης, διατάξεις οι οποίες αποσκοπούν στην επίτευξη του βέλτιστου βαθμού τάξης σε συγκεκριμένο πλαίσιο εφαρμογής.

Ειδικότερα, η τυποποίηση περιλαμβάνει την εκπόνηση, έκδοση και εφαρμογή προτύπων, αλλά και άλλων κειμένων τεχνικής καθοδήγησης, όπως τεχνικών προδιαγραφών, οδηγιών εφαρμογής, κωδίκων πρακτικής, κανονισμών κλπ.

Η Τυποποίηση και τα πρότυπα αφορούν και ενδιαφέρουν:

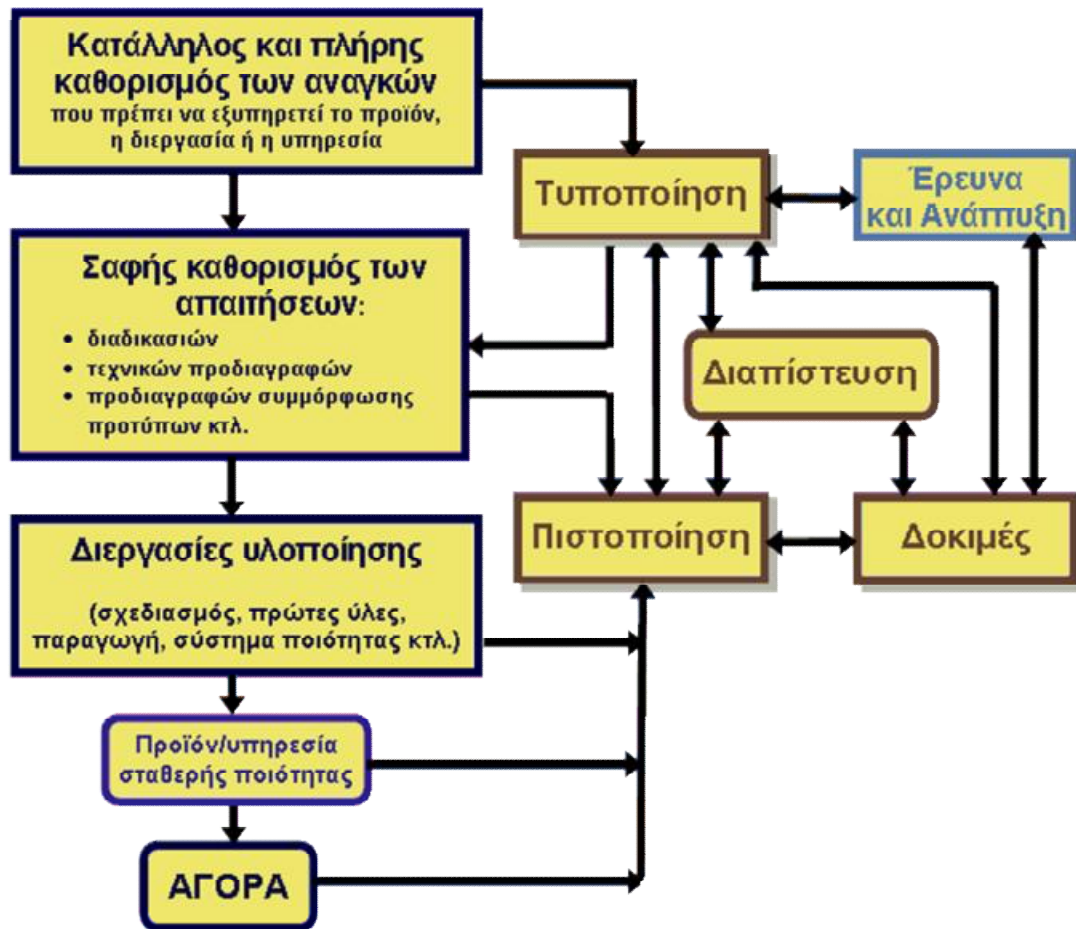
- τους παραγωγούς προϊόντων/παροχείς υπηρεσιών
- τους καταναλωτές/χρήστες
- το εμπόριο
- την επιστήμη και
- τη Δημόσια Διοίκηση,

και αποτελούν κοινή προσπάθεια όλων αυτών.

Σημαντικά οφέλη από την τυποποίηση είναι η βελτίωση της καταλληλότητας των προϊόντων, των διεργασιών και των υπηρεσιών για την προβλεπόμενη χρήση, η πρόληψη των τεχνικών εμποδίων στο εμπόριο και η διευκόλυνση της τεχνολογικής συνεργασίας.

Η τυποποίηση (ως καθιέρωση κοινά αποδεκτών προδιαγεγραμμένων απαιτήσεων) είναι όχι απλώς μία, αλλά η πρωταρχική και κύρια, από τις τρεις κολόνες που στηρίζουν το οικοδόμημα της ποιότητας. Οι άλλες δύο είναι η πιστοποίηση (διαβεβαίωση ότι ικανοποιούνται οι προδιαγεγραμμένες απαιτήσεις και συνεχής παρακολούθηση της ικανοποίησής τους) και οι δοκιμές (προσδιορισμός ενός ή περισσότερων χαρακτηριστικών

ενός προϊόντος, μιας διεργασίας ή μιας υπηρεσίας με προδιαγεγραμμένες διαδικασίες), ενώ εγγυητής της ορθής λειτουργίας του όλου συστήματος είναι η διαπίστευση (διαδικασία επίσημης αναγνώρισης της ικανότητας των εμπλεκόμενων φορέων, οργάνων ή προσώπων - όπως φορέων πιστοποίησης, εργαστηρίων δοκιμών, επιθεωρητών ποιότητας - να πραγματοποιούν ο καθένας το ειδικό έργο του). Στο επόμενο σχήμα δίνεται το πλέγμα των παραπάνω δραστηριοτήτων με τελικό στόχο την ποιότητα.



Εικ 1.1: Το πλέγμα της τυποποίησης, πιστοποίησης και δοκιμών με στόχο την ποιότητα

1.2. Ιστορική Αναδρομή Τυποποίησης στην Ελλάδα

Η σύγχρονη και συστηματική τυποποίηση στην Ελλάδα παρέμενε άγνωστη για πολλά χρόνια εξαιτίας της βιομηχανικής υπανάπτυξης. Ενώ στα βιομηχανικά αναπτυγμένα κράτη είχαν ιδρυθεί Εθνικοί Οργανισμοί τυποποίησης, ήδη από τις αρχές του εικοστού αιώνα (από το 1901 στη Μεγάλη Βρετανία ο BSI, το 1926 ο γαλλικός οργανισμός τυποποίησης AFNOR, το 1922 ο γερμανικός οργανισμός τυποποίησης DIN), στην Ελλάδα το ρόλο αυτό είχαν οι αρμόδιες νομοθετικές αρχές και οι προδιαγραφές που εκδίδοντο από αυτές ετίθεντο σε ισχύ με νόμο. Η έλλειψη εθνικών προδιαγραφών είχε ως αποτέλεσμα πολλές ελληνικές επιχειρήσεις να ακολουθήσουν τις προδιαγραφές άλλων χωρών, υιοθετώντας αυτόματα και την αντίστοιχη τεχνολογία της εκάστοτε χώρας.

1.2.1. Η Αρχική Πρόταση

Η ιδέα της οργάνωσης της τυποποίησης ως θεσμού τέθηκε αρχικώς «επί τάπητος» στην Ελλάδα το 1931, πριν από 80 χρόνια, και προήλθε από την ανάγκη καλύτερης ρύθμισης και προστασίας των βιομηχανικών προϊόντων.

Η τότε Διοίκηση του ΤΕΕ (εισηγητής Δημήτρης Ευστρατιάδης Πολιτικός Μηχανικός επί προεδρίας Νικόλαου Κιτσίκη) κατανόησε τα εθνικά οφέλη της τυποποίησης και την ανάγκη λήψης σχετικής δράσης, αλλά δεν υιοθέτησε το προταθέν μοντέλο οργάνωσης με ευρεία εκπροσώπηση φορέων. Έτσι, το ΤΕΕ, ως επίσημος τεχνικός σύμβουλος του κράτους, σύστησε το 1933 μια τετραμελή ενδοεπιμελητηριακή επιτροπή, την «Ελληνική Επιτροπή Προτυποποίησης» συμβολικά ΕΝΟ (συντομογραφία της λέξης Ενοποίηση). Κατ' αυτόν τον τρόπο το ΤΕΕ υπήρξε, ο πρώτος φορέας στην Ελλάδα που υποστήριξε το θεσμό της τυποποίησης, δίνοντάς του την πρώτη ώθηση, την οποία όμως ανέκοψε ο πόλεμος που ακολούθησε.

1.2.2. Η Μεταπολεμική Προσπάθεια

Μετά τον πόλεμο και τις μεταπολεμικές περιπέτειες στις οποίες ενεπλάκη η χώρα, έγινε προσπάθεια ανασύνταξης του θεσμού της τυποποίησης, θέτοντας καλύτερες βάσεις. Πράγματι η τότε Διοίκηση του ΤΕΕ, λαμβάνοντας υπόψη τις εμπειρίες και τις λανθασμένες επιλογές του προηγούμενου εγχειρήματος, υιοθέτησε την ιδέα του πολυμετοχικού μοντέλου οργάνωσης.

Μετά από επίμονες προσπάθειες, τον Ιούνιο του 1955, επετεύχθη η υπογραφή «ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑΣ» μεταξύ τεσσάρων από τους κυριότερους εμπλεκόμενους στο έργο της τυποποίησης οργανισμούς δηλαδή του ΤΕΕ, του ΣΕΒ, του ΕΛΚΕΠΑ και του ΕΒΕΑ. Μετά την εν λόγω συμφωνία ανασυγκροτήθηκε η «Ελληνική Επιτροπή Προτυποποίησης-ΕΝΟ» με τη συμμετοχή εκπροσώπων και από τους τέσσερις αυτούς φορείς.

Η ΕΝΟ, βασιζόμενη κυρίως στην αντιπροσωπευτικότητα που διασφάλιζε το πρωτόκολλο συνεργασίας, εκπροσώπησε την Ελλάδα μέχρι το 1965 στο νεοϊδρυθέντα μεταπολεμικά Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (ISO), κατήρτισε προγράμματα τυποποίησης, συγκρότησε τεχνικές επιτροπές τυποποίησης και εκπόνησε 29 ελληνικά Πρότυπα, τα οποία όμως δεν έτυχαν ουσιαστικής εφαρμογής.

1.2.3. Πτώση του Ενδιαφέροντος και Ανακοπή Εργασιών

Για μερικά χρόνια η εργασία εξελισσόταν ικανοποιητικά και όλα έδειχναν ότι η τυποποίηση είχε πάρει την αρμόζουσα θέση στη διαδικασία της βιομηχανικής ανασυγκρότησης της χώρας όταν ξαφνικά άρχισε το ενδιαφέρον να φθίνει σταδιακά. Η οικονομική στήριξη που παρείχε υπέρ της ΕΝΟ κάθε οργανισμός που είχε υπογράψει το πρωτόκολλο, παρά την ομόφωνα ειλημμένη απόφαση, διακόπηκε, πλην αυτής του ΤΕΕ. Συνέπεια τούτου ήταν η έλλειψη οικονομικών πόρων για συνέχιση των εργασιών, και έτσι η ΕΝΟ εργάστηκε μόνο με τη σύμπραξη του ΤΕΕ. Όσες Τεχνικές Επιτροπές δεν είχαν ολοκληρώσει το έργο ανέστειλαν τη λειτουργία τους, ενώ δεν συστήθηκαν νεότερες επιτροπές, με αποτέλεσμα την αναστολή της δραστηριότητας.

Η λύση που προτάθηκε τότε ήταν η ίδρυση ενός φορέα τυποποίησης απόλυτα αυτοτελούς.

1.2.4. Το Ειδικό Παγκόσμιο Αρχείο Προτύπων του ΤΕΕ

Παρά τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω συνεχίστηκε η συμμετοχή της Ελληνικής Επιτροπής Προτυποποίησης –ΕΝΟ στον ISO και οι ήδη υφιστάμενες επαφές με τους άλλους Εθνικούς Οργανισμούς Τυποποίησης. Έτσι με μικρή οικονομική υποστήριξη διασφαλίστηκε το δικαίωμα λήψης όλων των τεχνικών εργασιών του ISO, των προτύπων των εθνικών οργανισμών τυποποίησης, μαζί με τους καταλόγους και τα ειδικά περιοδικά, δημιουργώντας και εμπλουτίζοντας συνεχώς το μοναδικό, πολύτιμο και αναντικατάστατο, για την εποχή, Ειδικό Παγκόσμιο Αρχείο Προτύπων του ΤΕΕ. Το αρχείο αυτό παρέιχε στους Έλληνες τεχνικούς τη μοναδική πηγή πληροφόρησης στο είδος αυτό. Το Τ.Ε.Ε. παραχώρησε στον ΕΛΟΤ μετά την ίδρυσή του το έργο της επιτροπής ΕΝΟ και μέρος του παγκόσμιου αρχείου προτύπων.

1.2.5. Νέες Προσδοκίες

Ο αναγκαστικός περιορισμός της ουσιαστικής δραστηριοποίησης της «Ελληνικής Επιτροπής Προτυποποίησης», ελλείψει πόρων, δεν σήμανε και τη διακοπή των προσπαθειών για εξεύρεση νέας λύσης. Το ΤΕΕ και η ΕΝΟ με σκοπό την εξασφάλιση έμπρακτης και ουσιαστικής υποστήριξης από μέρους του κράτους οργάνωσε το 1958 ειδική σύσκεψη, στην οποία δόθηκαν και πάλι υποσχέσεις, χωρίς αποτέλεσμα. Το 1960 διευρύνθηκε η «Ελληνική Επιτροπή Προτυποποίησης-ΕΝΟ» με τη συμμετοχή του Οργανισμού Βιομηχανικής Ανάπτυξης (ΟΒΑ), ως εκπροσώπου και υποστηρικτή της βιομηχανικής ανάπτυξης στη χώρα, που όμως και αυτή η προσπάθεια δεν τελεσφόρησε παρόλη την ένθερμη υποστήριξη της ιδέας από μέρους της διοίκησης του ΟΒΑ, ο οποίος λίγο χρόνο μετά έπαυσε να λειτουργεί.

1.2.6. Η Ελληνική Ηλεκτροτεχνική Ένωση (Ε.Η.Ε)

Στα μέσα του 1960 ιδρύθηκε, με ιδιωτική πρωτοβουλία, η Ελληνική Ηλεκτροτεχνική Ένωση (ΕΗΕ), μια οργάνωση που απέβλεπε μεταξύ άλλων στην προώθηση της τυποποίησης στον τομέα της Ηλεκτροτεχνίας.

Η Ελληνική Ηλεκτροτεχνική Ένωση ήταν ένα συλλογικό επιστημονικό όργανο (Νομικό Πρόσωπο Ιδιωτικού Δικαίου) μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα. Ιδρυτικά της μέλη ήταν η ΔΕΗ, ο ΟΤΕ, ο ΣΕΒ, ο Σύλλογος Μηχανολόγων, Ηλεκτρολόγων και Ναυπηγών του ΤΕΕ, το ΕΛΚΕΠΑ, η ΒΙΟΧΑΛΚΟ, η ΙΖΟΛΑ, η ΒΗΚ, η ΕΒΙΟΠ, κ.τλ., καθώς επίσης και καθηγητές από την πανεπιστημιακή κοινότητα.

Η ΕΗΕ έγινε μέλος της Διεθνούς Ηλεκτροτεχνικής Ένωσης (IEC) και συνέταξε πρότυπα στον ηλεκτρολογικό τομέα με την ονομασία «Προδιαγραφές- ΕΗΕ». Το 1978 απορροφήθηκε από τον ΕΛΟΤ.

1.2.7. Σύσταση του Οργανισμού Τυποποίησης Ελληνικών Προϊόντων (ΟΤΕΠ)

Περί τα τέλη του 1963, το ΤΕΕ εκλήθη από το κράτος, ως τεχνικός του σύμβουλος, να υποβάλει σχέδιο νόμου για την ίδρυση Οργανισμού Τυποποίησης με τη μορφή Νομικού Προσώπου Δημοσίου Δικαίου. Ο νόμος για τη σύσταση του «Οργανισμού Τυποποίησης Ελληνικών Προϊόντων» (ΟΤΕΠ) ψηφίστηκε στο τέλος του 1965, αλλά δεν εξασφάλισε τα εχέγγυα για άμεση και πλήρη ενεργοποίηση αυτού. Με αποτέλεσμα ο ΟΤΕΠ, τρία χρόνια μετά την ίδρυσή του, να μην κατορθώσει να αναλάβει ενεργό δράση εξαιτίας κυρίως της χαμηλής στάθμης στελέχωσης. Οι προσδοκίες για την επίλυση του ζητήματος της Ελληνικής Τυποποίησης παρέμειναν και πάλι ανεκπλήρωτες μέχρι που ο ΟΤΕΠ, πριν καν ενεργοποιηθεί, καταργήθηκε με τον Αναγκαστικό Νόμο 256/1968.

1.2.8. Σύσταση της Διεύθυνσης Τυποποίησης στο Υπουργείο Βιομηχανίας

Με τον ίδιο Νόμο συστήθηκε τον Ιανουάριο του 1968 η Διεύθυνση Τυποποίησης Ελληνικών Προϊόντων στο Υπουργείο Βιομηχανίας, και έτσι ενώ όλα τα χρόνια έγιναν προσπάθειες να συσταθεί φορέας τυποποίησης ευέλικτος, ελεύθερος και μακράν κατά το δυνατόν του κρατισμού, δημιουργήθηκε τελικώς μια αμιγώς κρατική υπηρεσία με όλα τα σχετικά μειονεκτήματα.

Η Διεύθυνση Τυποποίησης Ελληνικών Προϊόντων αποτέλεσε την επίσημη οργάνωση της τυποποίησης στη χώρα, στην οποία εκχωρήθηκαν οι αρμοδιότητες του ΟΤΕΠ και άρχισε να επιτελεί το έργο της κατάρτισης «Εθνικών Προδιαγραφών». Από τη νέα αυτή υπηρεσία κατεβλήθη αξιόλογη προσπάθεια για την έκδοση των εθνικών ελληνικών προδιαγραφών (National Hellenic Specification-NHS) που βασίστηκαν σε συστάσεις (recommendations) του ISO και σε εθνικές προδιαγραφές άλλων χωρών. Από τον 1968 που ιδρύθηκε η διεύθυνση Τυποποίησης μέχρι το 1972 είχαν εκδοθεί μόνο 38 εθνικά πρότυπα NHS, τα οποία είχαν δημοσιευθεί στην Εφημερίδα της κυβέρνησης.

1.2.9. Ρόλος της Διεύθυνσης Τυποποίησης του Υπουργείου Βιομηχανίας

Το σχήμα οργάνωσης που έλαβε η Τυποποίηση ως Δημόσια Υπηρεσία με τη σύσταση της «Διεύθυνσης Τυποποίησης παρά τω Υπουργείω Βιομηχανίας», δεν ήταν το συνήθως απαντώμενο σχήμα στις χώρες, όπου ισχύει το καθεστώς της ελεύθερης οικονομίας και όπου οι Εθνικοί Οργανισμοί Τυποποίησης είναι αυτοτελείς και ανεξάρτητοι Οργανισμοί.

Η Διεύθυνση Τυποποίησης του Υπουργείου Βιομηχανίας διαδραμάτιζε συγχρόνως πολλούς ρόλους όπως αυτός του μεσολαβητή μεταξύ του Κράτους και της ΕΝΟ, του Επιτρόπου του Κράτους, του εκπροσώπου της Τυποποίησης στις επιτροπές τυποποίησης, καθώς και το ρόλο της κεντρικής υπηρεσίας και της επαφής της χώρας με διεθνείς/ευρωπαϊκούς και Εθνικούς Οργανισμούς Τυποποίησης (ISO, CEN, κ.τλ), χωρίς

καμιά ουσιαστική συμμετοχή στη διαμόρφωση θέσεων τόσο στην εθνική πολιτική τυποποίησης όσο και στη διεθνή.

Η ελληνική κυβέρνηση έχοντας αντιληφθεί το χαμηλό επίπεδο ανάπτυξης της εθνικής τυποποίησης και συγχρόνως όντας πεπεισμένη για την επιβεβλημένη ανάγκη ποιοτικής βελτίωσης των ελληνικών προϊόντων για τις ανάγκες καταρχήν των εξαγωγών αλλά και για την προετοιμασία της εισόδου της χώρας στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα που είχε καθοριστεί ως στόχος για το 1984, αποφάσισε να δώσει την απαραίτητη ώθηση στην ανάπτυξη της εθνικής τυποποίησης και συγχρόνως να μεταβιβάσει τη σκυτάλη στη βιομηχανία εμπλέκοντας την στενότερα στο έργο της τυποποίησης.

Έτσι το 1972 η Διεύθυνση Τυποποίησης του Υπουργείου Βιομηχανίας έλαβε την κυβερνητική εντολή για ίδρυση ανεξάρτητου οργανισμού τυποποίησης. Η Διεύθυνση Τυποποίησης κάλεσε ως εμπειρογνώμονα, με τη συνδρομή του UNIDO-UNDP, τον J. Clerc, Αναπληρωτή Γενικό Διευθυντή του Γαλλικού Οργανισμού Τυποποίησης (AFNOR) για σύνταξη σχεδίου νόμου. Πρόκειται για το νόμο ν 193/73 «Περί ιδρύσεως του Ελληνικού Οργανισμού Τυποποίησης ΕΛΟΤ» που ψηφίστηκε το 1973. Ο ιδρυθείς με βάση το νόμο αυτό οργανισμός ουδέποτε στελεχώθηκε και ουδέποτε λειτούργησε, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στις εν γένει πολιτικές συνθήκες της εποχής. Προς επίλυση του προβλήματος ψηφίστηκε από την Υπηρεσιακή κυβέρνηση Καραμανλή το Νοέμβριο του 1974 ο νόμος 182/74 που προέβλεπε προσωρινή επαναφορά του παλαιότερου ισχύσαντος καθεστώτος, δηλαδή η Διεύθυνση Τυποποίησης του Υπουργείου Βιομηχανίας ανέλαβε και πάλι το ρόλο του συντονιστή των εργασιών τυποποίησης, ενώ παράλληλα προωθείτο προς ψήφιση το σχέδιο νόμου «Περί ιδρύσεως και λειτουργίας του Ελληνικού οργανισμού τυποποίησης-ΕΛΟΤ».

1.2.10. Ίδρυση του Ελληνικού Οργανισμού Τυποποίησης (ΕΛΟΤ)

Ο Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης ιδρύθηκε ως ΝΠΙΔ με το Νόμο 372/76 που ψηφίστηκε ομόφωνα από τη Βουλή στις 10 Ιουνίου 1976 και που δημοσιεύθηκε στην

Εφημερίδα της Κυβέρνησης στις 30 Ιουνίου του ίδιου χρόνου. Η αντιπροσωπευτική δομή του Διοικητικού Συμβουλίου αλλά κυρίως η ανάγκη λήψης άμεσων αποφάσεων οδήγησε την 1η Οκτωβρίου 1976 στην πρώτη του συνεδρίαση.

Το Φεβρουάριο του 1977 είχε ήδη προσληφθεί ο πρώτος πυρήνας του προσωπικού και είχε μισθωθεί το κτίριο των γραφείων του ΕΛΟΤ στην οδό Διδότου 15. Τα τρία άτομα του Φεβρουαρίου 1977 είναι σήμερα εκατό, ο εξοπλισμός του Οργανισμού πλήρης και έχει συνάψει στενές σχέσεις συνεργασίας με όλους τους ευρωπαϊκούς /διεθνείς φορείς τυποποίησης.

1.2.10.1. Δραστηριότητες ΕΛΟΤ

1.2.10.1.1. Τυποποίηση

Η Τυποποίηση είναι η διαδικασία μέσω της οποίας δημιουργούνται τα Πρότυπα. Πρότυπα εκπονούνται για δραστηριότητες, διεργασίες και προϊόντα. Τα προϊόντα μπορεί να είναι υλικά (π.χ. βιομηχανικά προϊόντα), άυλα (π.χ υπηρεσίες, λογισμικό) ή συνδυασμός αυτών.

Θεμελιώδεις Αρχές της Τυποποίησης

Η Τυποποίηση στην Ελλάδα στηρίζεται στις εξής θεμελιώδεις αρχές:

- Ικανοποίηση αναγκών

Τα αμιγώς ελληνικά πρότυπα και οι ελληνικές προδιαγραφές πρέπει να ικανοποιούν ανάγκες της παραγωγής, της κατανάλωσης προϊόντων και υπηρεσιών, της επιστήμης και της τεχνολογίας, καθώς και άλλων τομέων της εθνικής οικονομίας και της κοινωνίας.

- Συναίνεση

Τα ελληνικά πρότυπα πρέπει να απεικονίζουν την ευρύτερη δυνατή συμφωνία απόψεων και τη συναίνεση όλων των ενδιαφερομένων για το αντίστοιχο θέμα, σε εθνικό επίπεδο.

- Αντικειμενικότητα

Τα ελληνικά πρότυπα και οι ελληνικές προδιαγραφές πρέπει να εκπονούνται επ' ωφελεία ολόκληρης της ελληνικής κοινωνίας. Οι διατάξεις που περιλαμβάνονται σε αυτά δεν παρέχουν συγκριτικό πλεονέκτημα σε προϊόν ή υπηρεσία οιαδήποτε προμηθευτή.

- Σύγχρονη τεχνολογία

Τα ελληνικά πρότυπα και οι ελληνικές προδιαγραφές πρέπει να λαμβάνουν υπόψη την εκάστοτε επιστημονική και τεχνολογική εξέλιξη, εφαρμόζονται, συμπληρώνονται, εκσυγχρονίζονται και αναθεωρούνται εναρμονιζόμενα με τις συνθήκες που διαμορφώνονται κάθε φορά στην ελληνική πραγματικότητα.

- Ελληνική Γλώσσα

Τα αμιγώς ελληνικά πρότυπα και οι ελληνικές προδιαγραφές πρέπει να συντάσσονται στην ελληνική γλώσσα κατά τρόπο σαφή και ομοιογενή από άποψη ορολογίας, συμβόλων και εκφράσεων.

- Εθελοντικός χαρακτήρας

Η εκπόνηση ελληνικών προτύπων πρέπει να στηρίζεται στη θέληση όλων των ενδιαφερομένων μερών να επιτευχθεί εθελοντικά συμφωνία μεταξύ τους, για έναν ή περισσότερους δηλωμένους σκοπούς. Η δέσμευση αυτή επεκτείνεται, στη συνέχεια, και στην εφαρμογή των προτύπων. Η εκπόνηση ενός προτύπου έχει μικρή αξία εφόσον αυτό δεν εφαρμόζεται.

Η τυποποίηση είναι μια από τις κύριες δραστηριότητες του ΕΛΟΤ. Αυτή υλοποιείται μέσα από την εκπόνηση, έκδοση και προώθηση της εφαρμογής και χρήσης Ελληνικών προτύπων και τυποποιητικών εγγράφων.

Σύμφωνα με τον ιδρυτικό του νόμο (Ν.372/1976), ο Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης είναι ο μοναδικός οργανισμός, σε εθνικό επίπεδο, έγκρισης, έκδοσης και

διάθεσης των Ελληνικών Προτύπων. Αντίστοιχοι Οργανισμοί υπάρχουν σε όλα σχεδόν τα κράτη του κόσμου.

Προέλευση προτύπων ΕΛΟΤ

Τα πρότυπα και τυποποιητικά έγγραφα του ΕΛΟΤ μπορεί να προέρχονται από την:

- Υιοθέτηση, ως Ελληνικών, ευρωπαϊκών προτύπων, τα οποία εκπονούνται από εκπροσώπους-εμπειρογνώμονες των Εθνικών Οργανισμών Τυποποίησης των κρατών της Ευρωπαϊκής Ένωσης μέσω διαδικασιών που εποπτεύουν οι ευρωπαϊκοί Οργανισμοί Τυποποίησης: η European Committee for Standardization-CEN, η European Committee for Electrotechnical Standardization-CENELEC και το European Telecommunications Standards Institute-ETSI. Σημειώνεται ότι τα ευρωπαϊκά πρότυπα υιοθετούνται καταρχήν στη γλώσσα που παρήχθησαν (Αγγλική, Γαλλική, Γερμανική) και όταν υπάρχουν διαθέσιμοι πόροι γίνεται ακριβής μετάφραση του περιεχομένου του προτύπου, στην Ελληνική.
- Υιοθέτηση ως έχουν ή με τροποποιήσεις, προτύπων, τα οποία εκπονούνται από τους διεθνείς Οργανισμούς Τυποποίησης International Organization for Standardization-ISO, International Electrotechnical Commission-IEC, όργανα στα οποία συμμετέχει και ο ΕΛΟΤ.
- Εκπόνηση αμιγώς εθνικών προτύπων και τυποποιητικών εγγράφων, για την κάλυψη άμεσων αναγκών της εθνικής μας Οικονομίας και εφόσον δεν υφίστανται αντίστοιχα ευρωπαϊκά ή διεθνή πρότυπα.
- Σημειώνεται ότι η εφαρμογή των προτύπων είναι προαιρετική, εκτός εάν νομοθετικές ή κανονιστικές, εθνικές ή ευρωπαϊκές διατάξεις την καθιστούν υποχρεωτική.

Στην Ελλάδα, ο μοναδικός φορέας που είναι υπεύθυνος για την εκπόνηση, έγκριση, έκδοση και διάθεση των Ελληνικών Προτύπων είναι ο ΕΛΟΤ. Η εκπόνηση των Προτύπων γίνεται από Τεχνικές Επιτροπές και Ομάδες Εργασίας του ΕΛΟΤ στις οποίες εκπροσωπούνται οι ενδιαφερόμενοι φορείς του Δημόσιου και του Ιδιωτικού Τομέα, επιδιώκοντας την επίτευξη της μέγιστης δυνατής συναίνεσης μεταξύ τους.

Στο πλαίσιο αυτό, στον ΕΛΟΤ λειτουργούν περισσότερες από 190 Τεχνικές Επιτροπές και Ομάδες Εργασίας, έχοντας ως μέλη τους πλέον των 1100 διακεκριμένων Ελλήνων επιστημόνων.

Στον ΕΛΟΤ έχει συσταθεί το Εθνικό Συμβούλιο Τυποποίησης, το οποίο είναι το αρμόδιο γνωμοδοτικό όργανο της πολιτείας επί θεμάτων τυποποίησης. Σ' αυτό μετέχουν 15 μέλη, τα οποία εκπροσωπούν υπουργεία, επιστημονικούς και επαγγελματικούς φορείς και τους καταναλωτές.

Η ένταξη και ενεργός συμμετοχή του ΕΛΟΤ στις ευρωπαϊκές και διεθνείς διαδικασίες Τυποποίησης και τους Οργανισμούς που τις διαχειρίζονται (ISO & IEC για τη Διεθνή Τυποποίηση, CEN, CENELEC, ETSI, EOTA για την Ευρωπαϊκή Τυποποίηση) προσδίδουν στα Ελληνικά Πρότυπα το απαραίτητο διεθνές κύρος και αναγνώριση. Επιπλέον, με τη συμμετοχή του ΕΛΟΤ στους Οργανισμούς αυτούς, παρέχεται η δυνατότητα διατύπωσης και στήριξης των ελληνικών θέσεων, ενώ μέσω της υιοθέτησης των Διεθνών και Ευρωπαϊκών Προτύπων ως Ελληνικών, επιτυγχάνεται η απαιτούμενη συμβατότητα και μεταφέρεται πολύτιμη τεχνογνωσία.

1.2.10.1.2. Πιστοποίηση

Με βάση την ισχύουσα νομοθεσία ο ΕΛΟΤ αναπτύσσει και εφαρμόζει διαδικασίες και συστήματα πιστοποίησης με σκοπό την απονομή σημάτων συμμόρφωσης και τη χορήγηση πιστοποιητικών συμμόρφωσης, τα οποία υποδηλώνουν τη συμμόρφωση προϊόντων, υπηρεσιών, διεργασιών, δραστηριοτήτων, οργανισμών, συστημάτων, προσώπων ή και συνδυασμό τους με τις απαιτήσεις τυποποιητικών εγγράφων. Ανώτατο όργανο αξιολόγησης, απονομής σημάτων και χορήγησης πιστοποιητικών συμμόρφωσης είναι το ενδεκαμελές Συμβούλιο Πιστοποίησης του ΕΛΟΤ, το οποίο απαρτίζεται από εκπροσώπους αντιπροσωπευτικών κλάδων της ελληνικής οικονομίας και της δημόσιας διοίκησης.

Τα σήματα συμμόρφωσης/πιστοποιητικά συμμόρφωσης, τα οποία απονέμονται από τον ΕΛΟΤ με βάση τις απαιτήσεις Ελληνικών και Ευρωπαϊκών Προτύπων και άλλων

τυποποιητικών εγγράφων που εκδίδονται από τους Ευρωπαϊκούς Οργανισμούς (CEN/CENELEC/ETSI), ονομάζονται Ελληνικά Σήματα Συμμόρφωσης/Ελληνικά Πιστοποιητικά Συμμόρφωσης και χορηγούνται αποκλειστικά από τον ΕΛΟΤ.

Ο ΕΛΟΤ είναι ο μοναδικός οργανισμός Πιστοποίησης από την Ελλάδα, που συμμετέχει μαζί με τους Εθνικούς Οργανισμούς πλέον των 30 άλλων χωρών στο Διεθνές Δίκτυο Φορέων Πιστοποίησης (IQNet), χορηγώντας παράλληλα με το πιστοποιητικό ΕΛΟΤ και το Πιστοποιητικό IQNet, εξασφαλίζοντας έτσι την αμοιβαία αναγνώριση και αποδοχή των πιστοποιητικών του.

Στην υλοποίηση των δραστηριοτήτων πιστοποίησης συμμετέχει ένας μεγάλος αριθμός άριστα εκπαιδευμένων και εξειδικευμένων επιθεωρητών.

1.2.10.1.3. Εργαστήρια Δοκιμών

Από το 1978 ο ΕΛΟΤ, με την υποστήριξη του κράτους, ίδρυσε το πρώτο Εργαστήριο Ηλεκτρικών Οικιακών Συσκευών προκειμένου η χώρα μας να αποκτήσει σταδιακά την απαιτούμενη εργαστηριακή υποδομή ώστε να πληροί όλες τις ενταξιακές προϋποθέσεις για την είσοδό της στην ΕΟΚ. Στη συνέχεια ιδρύθηκαν και άλλα εργαστήρια, με στόχο την κάλυψη των αναγκών για εργαστηριακούς ελέγχους με βάση τις απαιτήσεις των Οδηγιών της Νέας Προσέγγισης. Οι εκθέσεις δοκιμών που χορηγούνται από τα Εργαστήρια του ΕΛΟΤ αναγνωρίζονται από τις αρμόδιες αρχές (έλεγχος αγοράς) και από δεκάδες εργαστήρια στην Ευρώπη και διεθνώς, στο πλαίσιο συμμετοχής του ΕΛΟΤ σε συμφωνίες αμοιβαίας αναγνώρισης.

Ο ΕΛΟΤ σήμερα διαθέτει τα ακόλουθα εργαστήρια δοκιμών, τα οποία έχουν διαπιστευτεί από το ΕΣΥΔ:

1. Το Εργαστήριο Χαμηλής Τάσης, στο οποίο ελέγχονται:

- οι ηλεκτρικές οικιακές συσκευές
- τα φωτιστικά
- το ηλεκτρολογικό υλικό

2. Το Εργαστήριο Ηλεκτρικών Καλωδίων, στο οποίο ελέγχονται:

- τα ηλεκτρικά καλώδια χαμηλής τάσης έως 1000V

3. Το Εργαστήριο Παιδικών Παιχνιδιών, στο οποίο ελέγχονται:

- τα παιδικά παιχνίδια

4. Το Εργαστήριο Ελέγχου Πολυμερών και Ελαστικών, στο οποίο ελέγχονται:

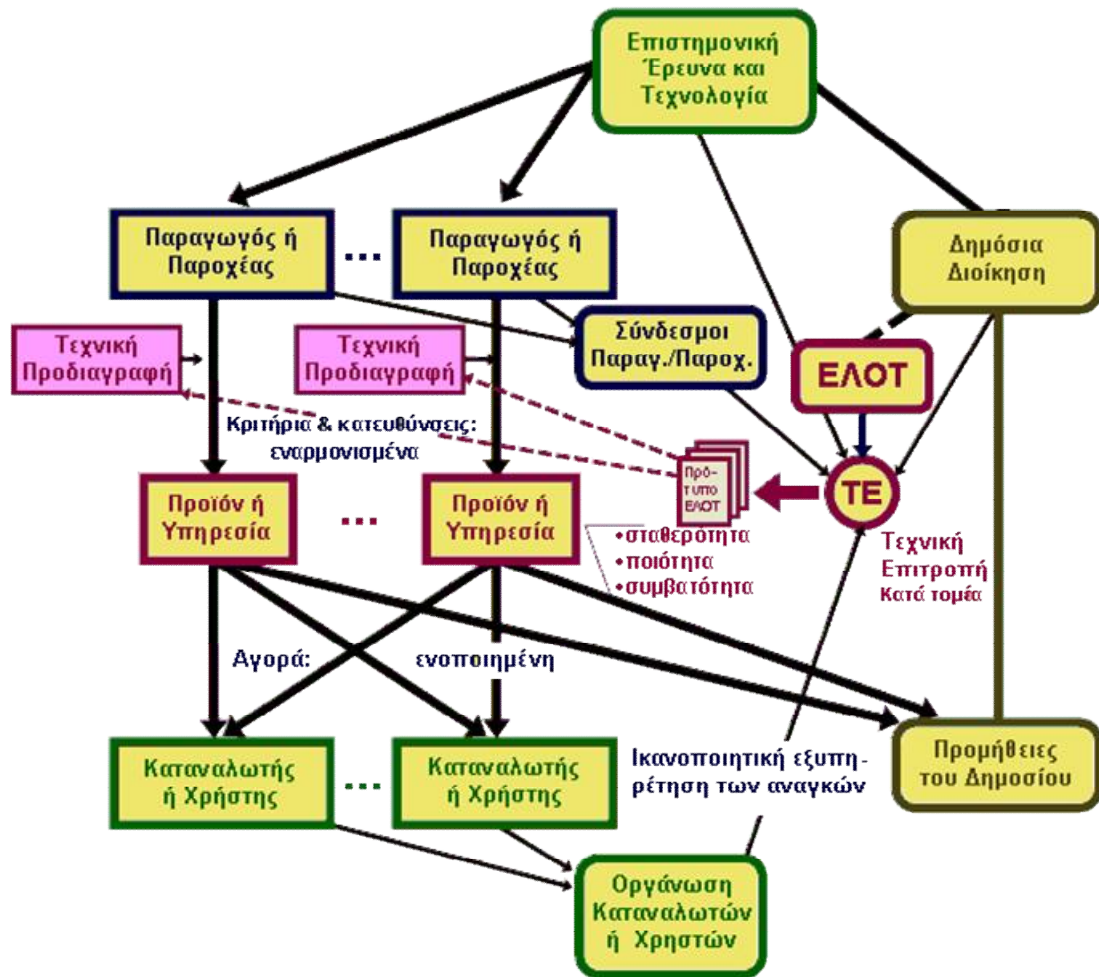
- οι πλαστικοί σωλήνες και εξαρτήματα από PVC, PE, PEX, PP και PB
- τα προϊόντα πλαστικών και ελαστικών.

1.2.10.1.4. Πληροφόρηση-Εκπαίδευση

Ο ΕΛΟΤ παρέχει πληροφόρηση είτε ηλεκτρονικά μέσω του διαδικτύου ή μέσω επικοινωνίας με τις υπηρεσίες του, για θέματα Τυποποίησης, Πιστοποίησης, Δοκιμών, Ποιότητας καθώς και Κοινοτικής νομοθεσίας.

Ο ΕΛΟΤ διοργανώνει εκπαιδευτικά σεμινάρια είτε ανοικτά προς το κοινό ή ενδοεπιχειρησιακά σύμφωνα με απαιτήσεις που καθορίζονται από επιχειρήσεις, φορείς, οργανισμούς κλπ. Η θεματολογία των σεμιναρίων αυτών σχετίζεται με την Τυποποίηση, την Πιστοποίηση, τις Δοκιμές, την Ποιότητα και συναφή με αυτές αντικείμενα.

Στο επόμενο σχήμα απεικονίζεται το εθνικό περιβάλλον με όλους τους ενδιαφερομένους και εμπλεκόμενους στην τυποποίηση.



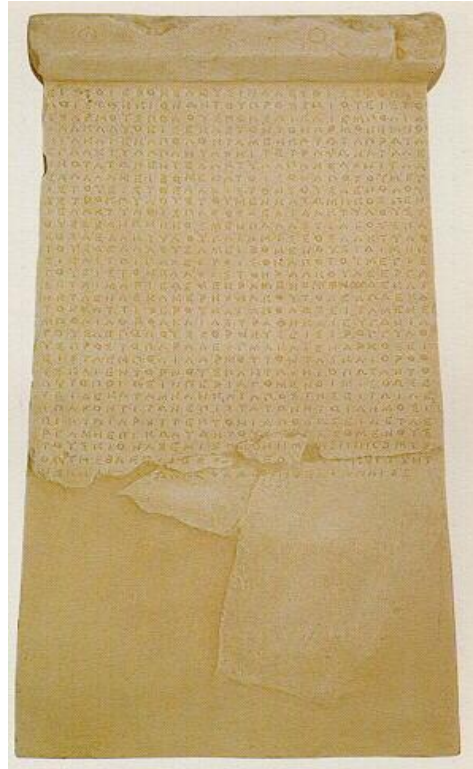
Εικ 1.2: Το εθνικό περιβάλλον με όλους τους εμπλεκόμενους στη διαδικασία της τυποποίησης

1.1.11. Το Πρώτο Ευρωπαϊκό Πρότυπο

Στο μουσείο της Ελευσίνας εκτίθεται μια ενεπίγραφη στήλη του 4ου αιώνα π.Χ που ανακαλύφθηκε από τον Δ. Φίλιο το 1894 και μελετήθηκε από τον Καθηγητή και επί σειρά ετών πρόεδρο του Διοικητικού Συμβουλίου του ΕΛΟΤ κ. Γ. Βαρουφάκη.

«Το περιεχόμενο του κείμενο αναφέρεται σε μια παραγγελία για την κατασκευή των μπρούντζινων συνδέσμων (εμπολίων και πόλων), που θα έμπαιναν ανάμεσα στους σπονδύλους των κίωνων της Φιλώνειας Στοάς. Ένα όμορφο κτίσμα του τότε διάσημου αρχιτέκτονα Φίλωνα, που θα αναγειρόταν μπροστά σε ένα παλαιότερο, το Τελεστήριο. Η επιγραφή δίνει με σχολαστικότητα τις διαστάσεις τους, που διέφεραν ανάλογα με τη θέση τους. Τα εμπόλια, πάντα σύμφωνα με την επιγραφή, είχαν κυβικό σχήμα, ενώ οι πόλοι

κυλινδρικό. Μια ενδιαφέρουσα πληροφορία είναι ότι οι πόλοι έπρεπε να κατασκευαστούν στον τόρνο: «...Τους δε πόλους торνεύσει κατά το παράδειγμα...». Σύμφωνα δηλαδή, με το δείγμα. Αυτό αποτελεί μια σημαντική πληροφορία, γιατί σημαίνει ότι χρησιμοποιούσαν τον τόρνο για τη διαμόρφωση του σκληρού κρατερώματος (κ. μπρούντζου).



Υπάρχει, όμως και κάτι άλλο, πολύ σημαντικό, τουλάχιστο για έναν που ασχολείται με την ποιότητα και τον έλεγχό της. Σε κάποιο σημείο του κειμένου της επιγραφής αναφέρεται με αυστηρότητα η σύνθεση, που θα έπρεπε να έχουν οι σύνδεσμοι: "... χαλκού δε εργάσεται Μαριέως, κεκραμένου την δωδεκάτην, τα ένδεκα μέρη χαλκού, το δε δωδέκατον καττιτέρου...". Σε ελεύθερη απόδοση σημαίνει : «... ο χαλκός, που στην πραγματικότητα είναι κρατέρωμα και όχι καθαρός χαλκός, θα έπρεπε σύμφωνα με την επιγραφή, να παραχθεί στο Μάριον της Κύπρου, μεγάλο εμπορικό και μεταλλουργικό κέντρο της εποχής εκείνης και στα δώδεκα μέρη να περιέχει 11 χαλκό και το 1/12 κασίτερο (δηλ., στο δικό μας δεκαδικό σύστημα περίπου 8.33 με 8.5%». Το 12 είναι υποπολλαπλάσιο του 60 και στους κλασικούς χρόνους αποτελούσε τη βάση του τότε χρησιμοποιούμενου αριθμητικού βαβυλωνιακού συστήματος. Ένα σύστημα, που και σήμερα χρησιμοποιείται σε πολλές περιπτώσεις, όπως στη γεωμετρία, αστρονομία, στη μέτρηση του χρόνου, αλλά και στην καθημερινή ζωή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ – ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΕΥΡΩΠΑΪΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ

2.1. Κανονισμοί Πιστοποίησης Στον Τομέα των Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων

Κανονισμός είναι ένα σύνολο κανόνων, με βάση τους οποίους πρέπει να κατασκευάζεται μια εγκατάσταση. Οι κανόνες αυτοί αποβλέπουν κατά κύριο λόγο στην αποφυγή δημιουργίας επικινδύνων καταστάσεων. Για κάθε κατηγορία εγκαταστάσεων υπάρχουν οι ανάλογοι κανονισμοί, πράγμα που συμβαίνει και για τις Εσωτερικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις (ΕΗΕ).

2.1.1. Το Πρότυπο ΚΕΗΕ

Ο πρώτος Κανονισμός Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων εμφανίστηκε το 1912 με το εγχειρίδιο “Περί Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων”, όπου περιείχε γενικές ρυθμίσεις για τις Εταιρείες Ηλεκτρισμού και τεχνικοί κανόνες, κυρίως για θέματα ασφάλειας. Στη συνέχεια, το 1932, προέκυψε ο “Κανονισμός Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων” που ήταν ο πρώτος πλήρης Κανονισμός, με βάση τους αντίστοιχους Ελβετικούς. Ο ΚΕΗΕ αναθεωρήθηκε και συμπληρώθηκε από τη ΔΕΗ το 1955 και έγινε νόμος του κράτους το 1952. Από το 1966 έως το 1989 γίνονται οι απαραίτητες συμπληρώσεις για τις γειώσεις και τους χρωματισμούς των καλωδίων [3,4]. Στη Ελλάδα ο Κανονισμός Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων (ΚΕΗΕ) αποτελεί υπουργική απόφαση, δηλαδή είναι νομοθετικά επιβεβλημένη η τήρηση του. (Αλλά, ακόμα και αν δεν υπάρχει τέτοια νομοθετική

κατοχύρωση, όπως συμβαίνει σε ορισμένες άλλες χώρες, οι κανονισμοί, που εκδίδονται από τον Οργανισμό Τυποποίησης κάθε χώρας, είναι ουσιαστικά υποχρεωτικοί, επειδή κάθε κατασκευαστής έχει συμφέρον να αποφύγει τη δημιουργία κινδύνων, αφού, αν τυχόν συμβεί κάποιο ατύχημα, θα του ζητηθούν ευθύνες αν δεν είχε τηρήσει τον κανονισμό). Με την τήρηση του κανονισμού προκύπτει μια εγκατάσταση ασφαλής από πλευράς κατασκευής. Ο ΚΕΗΕ, όπως άλλωστε και όλοι οι κανονισμοί που αφορούν άλλες κατηγορίες εγκαταστάσεων, είναι διατυπωμένος με τη μορφή απαιτήσεων, αλλά συγχρόνως αναφέρει και τον τρόπο που μπορούν να τηρηθούν οι απαιτήσεις [5]. Όμως οι αλλαγές στην τεχνολογία υλικών και συσκευών και η αλλαγή στην αντίληψη για τις εγκαταστάσεις γενικότερα ανάγκασε την προσαρμογή των Εθνικών Κανονισμών των χωρών της Ε.Ε στις απαιτήσεις των Ευρωπαϊκών Προτύπων. Σε διεθνές επίπεδο από το 1966 ξεκινά η επεξεργασία του προτύπου IEC 364, στο οποίο βασίζεται το πρότυπο HD-384 της CENELEC και το ΕΛΟΤ-384.

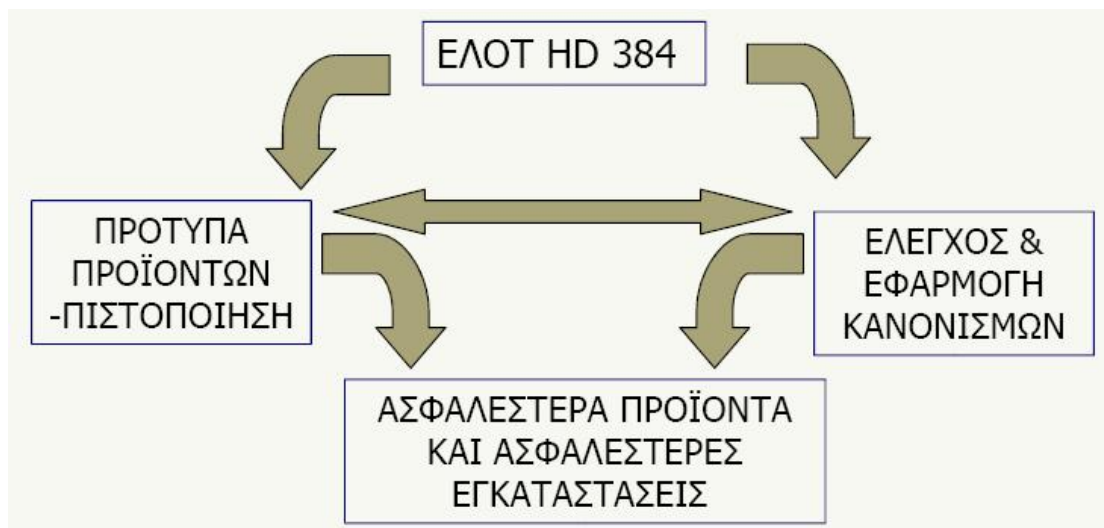
Περιεχόμενο του ΚΕΗΕ

- I: Εισαγωγή
- II: Γενικότητες
- III: Γειώσεις προστασίας
- IV: Εγκαταστάσεις ζεύξεως
- V: Κατασκευή και Τοποθέτηση Συσκευών
- VI: Μηχαναί και εξαρτήματα
- VII: Μετασχηματισταί - Ανορθωταί
- VIII: Συσσωρεταί
- IX: Αγωγοί
- X: Ειδικοί χώροι
- XI: Ανελκυστήρες
- XII: Εγκαταστάσεις άνω των 250V
- XIII: Προσωρινές εγκαταστάσεις
- XIV: Γεινίαση εγκαταστάσεων ισχυρών/ασθενών ρευμάτων
- XV: Εγκαταστάσεις ασθενών ρευμάτων
- XVI: Αντιστάσεις μονώσεων

- XVII: Έλεγχος και Συντήρηση

2.1.2. Το Πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384

Το πρότυπο του ΕΛΟΤ HD 384 είναι αυτό που εφαρμόζεται μέχρι σήμερα στις Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις. Υπάρχουν βασικές διαφορές στη δομή του ΕΛΟΤ-384 και του ΚΕΗΕ, αν και το ΕΛΟΤ-384 έχει μικρότερο εύρος αλλά καλύπτει τα θέματα πολύ πληρέστερα. Η τελευταία έκδοση (ΕΛΟΤ HD 384:2004) περιλαμβάνει τους κανόνες που πρέπει να τηρούνται κατά τη μελέτη, την κατασκευή, την επιθεώρηση και τη συντήρηση των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων. Στην Εικόνα 2.1 φαίνεται το σύστημα της ασφάλειας σύμφωνα με τον ΕΛΟΤ. [3]



ΕΙΚ 2.1: Το σύστημα της ηλεκτρικής ασφάλειας

Σκοπός

Ο σκοπός είναι οι απαιτήσεις, τις οποίες πρέπει να ικανοποιούν οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, αποσκοπώντας στην ασφαλή λειτουργία των εγκαταστάσεων, με την προϋπόθεση της ορθής χρησιμοποίησής τους. Ειδικότερα οι απαιτήσεις αυτές αποβλέπουν

στην αποφυγή, σε ικανοποιητικό βαθμό, των κινδύνων που θα ήταν δυνατόν να εμφανισθούν για:

- τα άτομα
- τα κατοικίδια ζώα και τα ζώα εκτροφής
- τα διάφορα αγαθά

που βρίσκονται στην περιοχή αυτών των εγκαταστάσεων.

Οι κίνδυνοι που θα ήταν δυνατόν να εμφανισθούν εξαιτίας της λειτουργίας των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων μπορεί να οφείλονται:

- στη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από το σώμα ατόμων ή ζώων
- σε υψηλές θερμοκρασίες που μπορεί να προκαλέσουν εγκαύματα ή πυρκαγιά ή αλλοίωση αγαθών.

Η τήρηση των απαιτήσεων δεν εξασφαλίζει σε όλες τις περιπτώσεις την ικανοποιητική λειτουργία της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Παρόλο που στον Κανονισμό περιλαμβάνονται απαιτήσεις που αφορούν την ορθή λειτουργία, αυτή αποτελεί αντικείμενο και μπορεί να εξασφαλισθεί μόνο με τη σωστή μελέτη, κατασκευή και συντήρηση της εγκατάστασης.

Πεδίο εφαρμογής

Εφαρμόζεται στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις:

- των κτιρίων που χρησιμοποιούνται ως κατοικίες
- των κτιρίων εμπορικής χρήσης
- των κτιρίων που είναι στη διάθεση του κοινού
- των κτιρίων και λοιπών κατασκευών βιομηχανικής ή βιοτεχνικής χρήσης
- των εγκαταστάσεων των γεωργικών και κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων
- των προκατασκευασμένων ή προσωρινών κτισμάτων των προηγούμενων χρήσεων
- των τροχόσπιτων και των χώρων οργανωμένης κατασκήνωσης
- των εργοταξίων κατασκευής έργων, των εγκαταστάσεων πανηγύρεων και παρόμοιων προσωρινών εγκαταστάσεων

- των λιμένων εξυπηρέτησης σκαφών αναψυχής.

Αντίθετα δεν εφαρμόζεται στις παρακάτω περιπτώσεις:

- στις εγκαταστάσεις έλξης
- στις εγκαταστάσεις αυτοκινήτων και ρυμουλκούμενων οχημάτων (με εξαίρεση τα τροχόσπιτα)
- στις εγκαταστάσεις πλοίων
- στις εγκαταστάσεις αεροσκαφών
- στις εγκαταστάσεις φωτισμού δημόσιων οδών και πλατειών και τις εγκαταστάσεις φωτισμού λιμένων και δημόσιων παραλιακών περιοχών
- στις εγκαταστάσεις ηλεκτρικών φρακτών
- στις εγκαταστάσεις αλεξικέραυνων και γενικά αντικεραυνικής προστασίας κτιρίων
- στις εγκαταστάσεις που προορίζονται για δημόσια διανομή ηλεκτρικής ενέργειας
- στις εγκαταστάσεις παραγωγής και μεταφοράς που τροφοδοτούν τις εγκαταστάσεις του εδαφίου

Σημείωση: Στις εγκαταστάσεις των δύο τελευταίων περιπτώσεων, είναι δυνατόν να εφαρμόζεται εν όλο ή εν μέρει η παρούσα έκδοση, εφόσον κριθεί αυτό σκόπιμο από τον φορέα που έχει την ευθύνη της κατασκευής και της λειτουργίας τους.

Περιεχόμενο του ΕΛΟΤ 384

- **Μέρος 1:** Γενικά Σκοπός, Πεδίο εφαρμογής
- **Μέρος 2:** Ορισμοί
- **Μέρος 3:** Προσδιορισμός γενικών χαρακτηριστικών - Διαμόρφωση (δομή-τροφοδοτήσεις), μέθοδοι γείωσης, εξωτερικές επιδράσεις (θερμοκρασία, υγρασία κλπ), συντήρηση
- **Μέρος 4:** Μέτρα προστασίας για την ασφάλεια - Ηλεκτροπληξία (με χαμηλή τάση, από άμεση ή έμμεση επαφή), Πυρκαϊά, Υπερφορτίσεις, Υπερεντάσεις, Υπόταση και Επιλογή του εξοπλισμού

- **Μέρος 5:** Επιλογή και εγκατάσταση του υλικού, Γραμμές, Όργανα προστασίας και ελέγχου, Γειώσεις και αγωγοί προστασίας, Εφεδρικές τροφοδοτήσεις- Εφαρμογή των Προτύπων
- **Μέρος 6:** Έλεγχος των εγκαταστάσεων - Αρχικός, Οπτικός, Δοκιμές, Επανέλεγχος (Πώς πρέπει να γίνονται οι έλεγχοι)
- **Μέρος 7:** Εγκαταστάσεις σε χώρους με ειδικές απαιτήσεις (Λουτρά, Κολυμβητικές δεξαμενές, Εργοτάξια κλπ)

2.1.3. Ομοιότητες και Διαφορές του ΚΕΗΕ και του ΕΛΟΤ 384

Το Πρότυπο ΕΛΟΤ-384 αποτελεί προϊόν διεθνούς προσπάθειας, με βάση το διεθνές IEC-364 και ακολούθως τα «Έγγραφα Εναρμονισμού» της ΕΕ, (HD-384), προσαρμοσμένο στα Ελληνικά δεδομένα. Η πορεία κατάρτισης του Προτύπου ΕΛΟΤ-384 ήταν παρόμοια με των αντίστοιχων κανονισμών άλλων χωρών της Ε.Ε., αλλά με χρονική καθυστέρηση, η οποία έκανε αναγκαία την συνολική, αντί την βαθμιαία, αντικατάσταση και προσαρμογή του υφιστάμενου ΚΕΗΕ. Όπως όλα τα πρότυπα σε διεθνές επίπεδο, έτσι και το Πρότυπο ΕΛΟΤ-384, υποστηρίζεται από επί μέρους Πρότυπα (υλικού και εξοπλισμού), στα οποία παραπέμπει. Τα πρότυπα αυτά είναι δυναμικά κείμενα. Εάν αλλάξει κάτι σε κάποιο πρότυπο η αλλαγή αυτή περνά αυτόματα σε όλα τα πρότυπα στα οποία γίνεται παραπομπή στο εν λόγω τροποποιημένο πρότυπο. Οι παραπομπές γίνονται πάντα σε μη χρονολογημένες εκδόσεις των προτύπων. Τα πρότυπα προϊόντων αφορούν τους κατασκευαστές και όχι τους μελετητές ή τους εγκαταστάτες.

Ομοιότητες του ΚΕΗΕ και του ΕΛΟΤ 384

Σε θέματα ασφαλείας το ΕΛΟΤ-384, με κατά πολύ πληρέστερη παρουσίαση, όπως και ο ΚΕΗΕ, προβλέπουν για τα μέτρα προστασίας: Έναντι Άμεσης και Έμμεσης Επαφής με πολύ χαμηλή τάση. Υπάρχει ο διαχωρισμός για τα μέτρα προστασίας έναντι ηλεκτροπληξίας που πρέπει να λαμβάνονται για να αποφευχθεί έμμεση και άμεση επαφή με το ηλεκτρικό ρεύμα. Η άμεση και έμμεση επαφή αναφέρονται στους δύο δυνατούς τρόπους πρόκλησης ηλεκτροπληξίας. Η άμεση επαφή γίνεται απευθείας με τα ηλεκτροφόρα μέρη ενός

συστήματος και είναι σχεδόν βέβαιο ότι το ηλεκτρικό ρεύμα θα διαπεράσει το ανθρώπινο σώμα. Η έμμεση επαφή γίνεται με εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη ενός συστήματος π.χ. μεταλλικά καλύμματα συσκευών τα οποία σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας δεν είναι ηλεκτροφόρα όμως σε συνθήκες διαρροής ρεύματος π.χ. λόγω αστοχίας της μόνωσης βρίσκονται υπό τάση [7].

- Η προστασία Έναντι Άμεσης Επαφής επιτυγχάνεται με απομόνωση (περιβλήματα ή φράγματα, εμπόδια, εγκατάσταση σε μη προσιτή θέση). Η εγκατάσταση Διαφορικού Διακόπτη αποτελεί “πρόσθετη προστασία”, για την επαύξηση των άλλων μέσων προστασίας.
- Η προστασία Έναντι Έμμεσης Επαφής επιτυγχάνεται με:
 - Αυτόματη διακοπή της τροφοδότησης
 - Χρήση υλικού κλάσεως II
 - Εγκατάσταση σε μη αγωγίμους χώρους
 - Αγείωτες ισοδυναμικές συνδέσεις
 - Ηλεκτρικό διαχωρισμό (με κατάλληλο Μετασχηματιστή Απομόνωσης)

Διαφορές μεταξύ ΕΛΟΤ-384 και ΚΕΗΕ:

Οι διαφορές μεταξύ των δύο προτύπων αναφέρονται στα μέσα προστασίας, στις γειώσεις, στα υλικά και στον έλεγχο των εγκαταστάσεων. Ειδικότερα:

- Στη χρήση του διαφορικού διακόπτη:

Ο διαφορικός διακόπτης είναι μία συσκευή που αυτόματα προκαλεί διακοπή του ρεύματος, όταν συμβεί για οποιοδήποτε λόγο διαρροή. Είναι μέσο προστασίας και από ηλεκτροπληξία, δεδομένου ότι η ηλεκτροπληξία είναι μία διαρροή ρεύματος προς την γη, δια μέσου του ανθρώπινου σώματος. Λέγεται και αντιηλεκτροπληξιακός διακόπτης και η λειτουργία του βασίζεται στη συνεχή σύγκριση μεταξύ της έντασης στον αγωγό της φάσεως με την ένταση στον ουδέτερο αγωγό (στο μονοφασικό ρεύμα). Όταν η διαφορά των εντάσεων αυτών γίνει μεγαλύτερη από 30 mA (δηλαδή επικίνδυνη), τότε μέσω ενός

ρελέ ανοίγουν οι επαφές του διακόπτη και γίνεται διακοπή. Αντίστοιχη είναι και η λειτουργία των τριφασικών διαφορικών διακοπών εντάσεως.

Για να είναι αποτελεσματική η λειτουργία ενός τέτοιου διακόπτη ΔΔΕ πρέπει αυτός να βρίσκεται στην αρχή του κυκλώματος που προστατεύει. Για τον λόγο αυτό τοποθετείται στην αρχή του πίνακα διανομής μίας ΕΗΕ αμέσως μετά τον γενικό διακόπτη και την γενική (ή τρεις γενικές στο τριφασικό) ασφάλεια και έτσι προστατεύει και το μεγαλύτερο μέρος του πίνακα.

Το Πρότυπο ΕΛΟΤ-384, όπως και ο ΚΕΗΕ, ορίζει την χρήση του διαφορικού διακόπτη ως συμπληρωματικού μέσου προστασίας, αλλά προβλέπει τη χρήση του σε μεγαλύτερη έκταση από τον ΚΕΗΕ. Ειδικότερα ο ΚΕΗΕ προβλέπει την χρήση του διαφορικού (ή άλλου τύπου) διακόπτη, όταν δεν ήταν τεχνικοοικονομικά δυνατή άλλη λύση. Αντίθετα το Πρότυπο ΕΛΟΤ-384 την επιτρέπει ως συμπληρωματική μεν αλλά ισοδύναμη με την υπερεντάσεως (με τους αυτόματους διακόπτες υπερέντασης – circuit breaker), σε κάθε περίπτωση, προκειμένου να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις ασφάλειας. Επίσης στο Πρότυπο επιβάλλεται σε εγκαταστάσεις με αυξημένο κίνδυνο (π.χ. εργοτάξια, προσωρινές εγκαταστάσεις, γραμμές εκτός κτιρίων). Γενικότερα προβλέπεται η χρήση κυρίως του διαφορικού διακόπτη και όχι άλλοι τύποι διακοπών, κάτι που οφείλεται πιθανώς στην τεχνολογική εξέλιξη του διαφορικού διακόπτη

- Σε θέματα γειώσεων:

Στο Πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 (Άρθρο 413.1.2, Σημ. 1η) προβλέπεται ότι, στις ΕΗΕ που τροφοδοτούνται από τη ΔΕΗ, εφαρμόζεται ένα από τα συστήματα σύνδεσης των γειώσεων TN (ουδετέρωση) ή TT (άμεση γείωση) που εφαρμόζεται στο σύστημα τροφοδότησης (δίκτυο ΔΕΗ). Η ΔΕΗ εφαρμόζει την άμεση γείωση (σύστημα TT) στην ευρύτερη περιοχή του λεκανοπεδίου Αττικής. Το σύστημα TT εφαρμόζεται επίσης σε πολλές χώρες της ΕΕ, όπως Γαλλία, Ιταλία, Ισπανία, Πορτογαλία κλπ. Η ΔΕΗ εφαρμόζει την ουδετέρωση (σύστημα TN) στην υπόλοιπη Ελλάδα. Ειδικότερα στο σύστημα “δίκτυο ΔΕΗ – ΕΗΕ” εφαρμόζεται το σύστημα TN-C-S, στο οποίο ο ουδέτερος αγωγός και ο αγωγός προστασίας είναι χωριστοί

στην ΕΗΕ (κατά κανόνα μετά το μετρητή ΔΕΗ) και συνδυάζονται σε ένα αγωγό στο δίκτυο ΔΕΗ (συνδέονται πριν από το μετρητή) [8].

Το Πρότυπο ΕΛΟΤ-384 δεν θέτει συγκεκριμένες απαιτήσεις για το Δίκτυο Διανομής προκειμένου να εφαρμοστεί η μέθοδος TN στο σύστημα γειώσεων, όπως ο ΚΕΗΕ, αλλά μόνον υποχρεώσεις για την εσωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση. (β) Όσον αφορά διαφορές στην προστασία από έμμεση επαφή, με αυτόματη διακοπή, το ΕΛΟΤ-384, όπως και ο ΚΕΗΕ, ως γενικές μεθόδους προβλέπει μόνον τις TN-Ουδετέρωση, TT-Άμεση γείωση, και υπό τις ίδιες ουσιαστικά συνθήκες. Η διαφορά έγκειται στο ότι στην TN, ο ΕΛΟΤ-384 διακρίνει τις γραμμές σε:

- τερματικές (τροφοδοτούν κινητές συσκευές) – διακοπή εντός 0,4sec
- διανομής (τροφοδοτούν πίνακες ή σταθερές συσκευές) – εντός 5sec

ενώ ο ΚΕΗΕ προβλέπει διακοπή εντός 5sec, γενικά

- Σε θέματα “Ισοδυναμικών συνδέσεων”

Ο σκοπός των ισοδυναμικών συνδέσεων είναι να μειώσουν τις διαφορές δυναμικού μεταξύ των μεταλλικών μερών και εγκαταστάσεων στο εσωτερικό του υπό προστασία χώρου και να μειώσουν το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο που δημιουργείται κατά την άμεση ή έμμεση κεραυνοπληξία, εντός αυτού [9].

- Ο ΚΕΗΕ τις ορίζει με το ότι διατηρεί «εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη και ξένα στοιχεία» στο ίδιο δυναμικό. Δεν καθορίζει τον τρόπο κατασκευής. Αν και οι “θεμελιακές γειώσεις”, που προβλέπει ο ΚΕΗΕ, αποτελούν μια από τις δυνατές μεθόδους υλοποίησης ισοδυναμικών συνδέσεων.

- Το Πρότυπο ΕΛΟΤ-384 δίδει ιδιαίτερη έμφαση στην χρήση τους και προβλέπει την εφαρμογή τους ως λύση ισοδύναμη με αυτές που εξασφαλίζουν την έγκαιρη απόζευξη (π.χ. διαφορικό διακόπτη).

- Σε θέματα επιλογής - εγκατάστασης υλικού:

(α) Το ΕΛΟΤ-384 παρέχει κατά πολύ πληρέστερες πληροφορίες για τον τρόπο εγκατάστασης και τις επιτρεπόμενες εντάσεις γραμμών.

(β) Ομοίως για την επιλογή των διατάξεων ζεύξεως και προστασίας - αναφέρεται σε σύγχρονα υλικά, με συχνές αναφορές σε άλλα Πρότυπα.

(γ) Το ΕΛΟΤ-384 δίδει πολλές πληροφορίες για τον τρόπο κατασκευής των γειώσεων και των συνδέσεων αυτών, αλλά δεν περιλαμβάνει κατασκευαστικά στοιχεία (π.χ. των θεμελιακών γειώσεων-όπως ο ΚΕΗΕ)

(δ) Ο ΚΕΗΕ περιλαμβάνει ορισμένες απαιτήσεις για τις “Παροχές”

- Σε θέματα έλεγχου των εγκαταστάσεων:

(α) Το Πρότυπο ΕΛΟΤ-384 καθορίζει αναλυτικά τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται ο “αρχικός” έλεγχος και ο “επανέλεγχος”, σε αντίθεση με τον ΚΕΗΕ που κάνει απλή αναφορά.

(β) Δεν ορίζει χρονικά διαστήματα κατά τα οποία πρέπει να γίνεται επανέλεγχος, όπως ο ΚΕΗΕ, αναφέρει μόνο ότι “... η συχνότητα εξαρτάται από το είδος και από τη χρήση της εγκατάστασης”.

(γ) Η ελάχιστη αποδεκτή τιμή της αντιστάσεως μονώσεως για τις συνήθεις εγκαταστάσεις 230/400V ορίζεται 0,5ΜΩ στο ΕΛΟΤ-384, έναντι 0,25ΜΩ στον ΚΕΗΕ

- Εγκαταστάσεις σε ειδικούς χώρους:

(α) Το Πρότυπο ΕΛΟΤ-384 ακολουθεί διαφορετικό από τον ΚΕΗΕ μέθοδο: Καθορίζει τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν ανά είδος εγκατάστασης (Λουτρά, Πισίνες, Μαρίνες, Τροχόσπιτα κ.ά), αντί ανά «κατηγορία χώρου» (Κονιζόμενοι, Προσκαίρως υγροί, Βεβρεγμένοι κ.ά.), όπως ορίζει ο ΚΕΗΕ

(β) Παρέχει αναλυτικές πληροφορίες, με σχήματα κλπ, σχετικά με τον τρόπο κατασκευής τους, ώστε να διευκολύνεται ο κατασκευαστής τους.

(γ) Καλύπτει μεγάλο αριθμό ειδικών εγκαταστάσεων, επεκτείνεται και συμπληρώνεται συνεχώς.

Συμπερασματικά μπορεί να ειπωθεί ότι δεν επέρχονται “ανατροπές” στον εφαρμοζόμενο τρόπο κατασκευής των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων εντός κτιρίων, αλλά προσφέρεται η δυνατότητα βελτίωσης της ποιότητας κατασκευής τους. Οι Εσωτερικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις που έχουν κατασκευαστεί με βάση τον ΚΕΗΕ και την εφαρμοζόμενη τεχνική, ικανοποιούν γενικά και τις απαιτήσεις του ΕΛΟΤ-384, όσον αφορά την διαμόρφωση και κατασκευή τους. Τέλος παρά το ότι οι αναθεωρήσεις του ΚΕΗΕ ήταν περιορισμένες, η εφαρμογή του δεν αποτέλεσε εμπόδιο στην ορθή κατασκευή τους και την χρησιμοποίηση σύγχρονων υλικών-εξοπλισμού [4].

2.2. Γενικά Χαρακτηριστικά Ηλεκτρικών Μηχανών Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο IEC

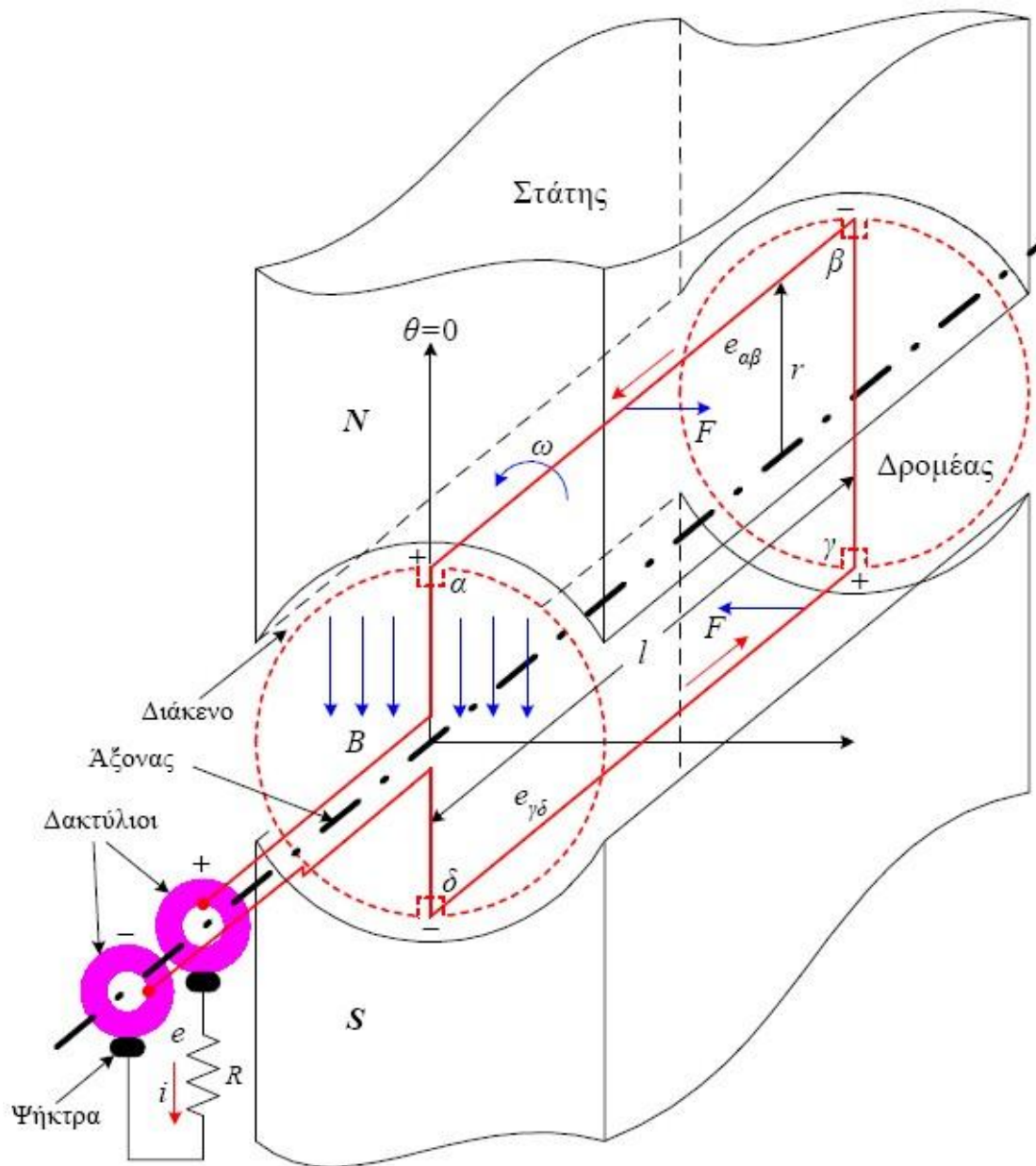
2.2.1. Εισαγωγικά για τις Ηλεκτρικές Μηχανές

Ηλεκτρική μηχανή είναι ένας μετατροπέας ενέργειας, δηλαδή είναι η συσκευή που μετατρέπει μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική και αντίστροφα. Μια τέτοια συσκευή, όταν χρησιμοποιείται για τη μετατροπή μηχανικής ενέργεια σε ηλεκτρική ονομάζεται γεννήτρια. Όταν η συσκευή μετατρέπει ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική ονομάζεται κινητήρας. [10]

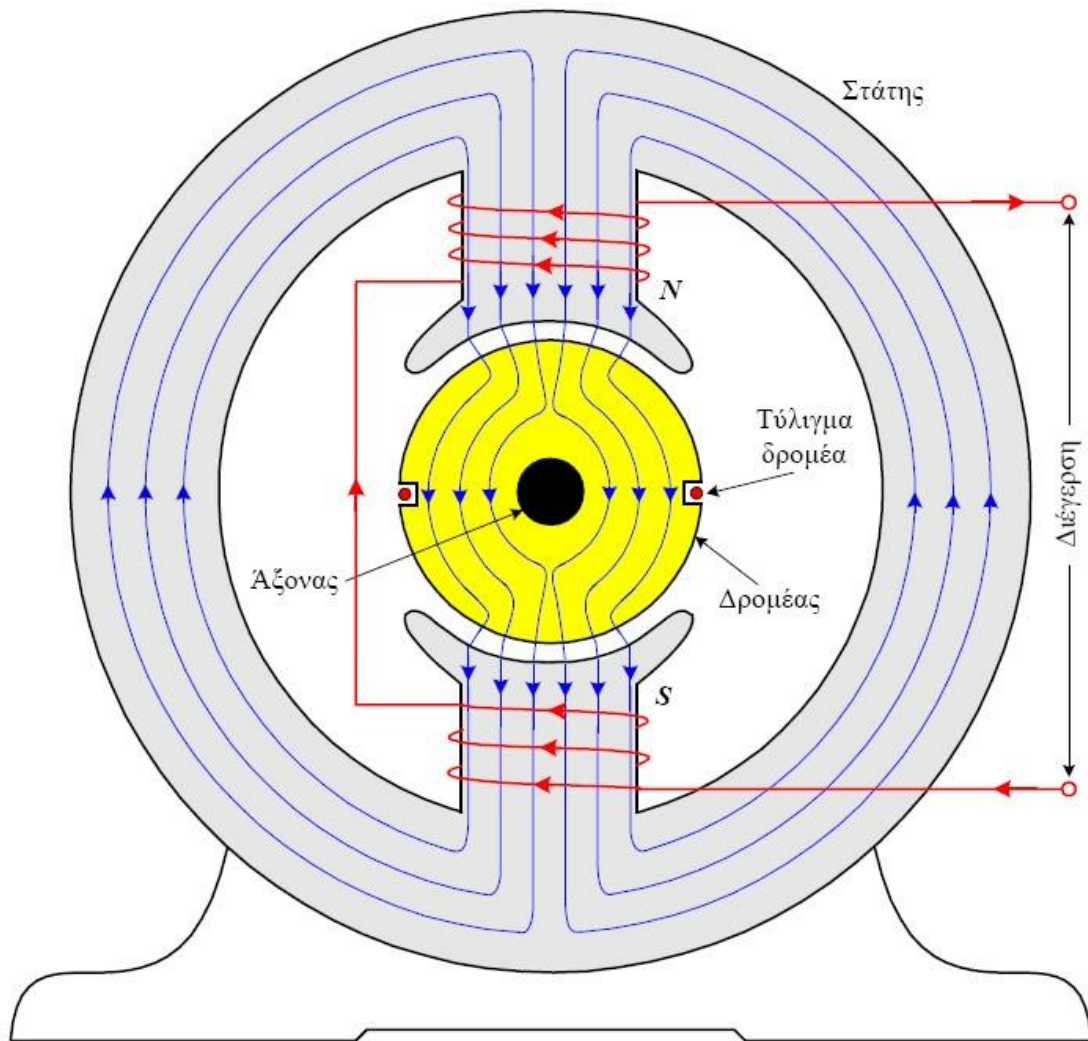
Κάθε ηλεκτρική μηχανή αποτελείται από δύο κύρια τμήματα. Τα ακίνητο τμήμα της μηχανής ονομάζεται στάτης (stator) και το στρεφόμενο τμήμα δρομέας (rotor). Στο Σχήμα 2.1 εικονίζεται η δομή μιας στοιχειώδους ηλεκτρικής μηχανής. Η αρχή λειτουργίας όλων των ηλεκτρικών μηχανών στηρίζεται σ' αυτή τη στοιχειώδη μηχανή. Ο στάτης της μηχανής αποτελείται από ένα ηλεκτρομαγνήτη με δύο πόλους, το βόρειο και το νότιο, ο οποίος παράγει το μαγνητικό πεδίο B . Ο δρομέας αποτελείται από ένα κύλινδρο κατασκευασμένο από σιδηρομαγνητικό υλικό, ο οποίος μπορεί να στραφεί γύρω από τον άξονα. Σε δύο αυλακώσεις στην επιφάνεια του κυλίνδρου, είναι συμμετρικά τοποθετημένοι οι αγωγοί ενός πλαισίου. Το πλαίσιο αυτό αποτελεί ένα στοιχειώδες τμήμα αυτού που ονομάζουμε τύλιγμα του δρομέα. Τα άκρα του τυλίγματος του δρομέα συνδέονται σε δύο δακτυλίους, με τους οποίους εφάπτονται οι ψήκτρες (brushes). Μέσω των δακτυλίων και των ψηκτρών το τύλιγμα του δρομέα είναι «διαθέσιμο» στο ακροκιβώτιο. Μεταξύ των πόλων του στάτη και του κυλινδρικού δρομέα, υπάρχει ένα διάκενο αέρα με σταθερό πλάτος. Οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου του στάτη, στη διαδρομή τους από το βόρειο προς το νότιο πόλο, διέρχονται μέσω του δρομέα και του διακένου. Επειδή η μαγνητική διαπερατότητα του αέρα είναι πολύ μικρότερη από εκείνη του δρομέα, οι δυναμικές γραμμές διέρχονται κυρίως από το δρομέα και είναι κάθετες στην επιφάνεια του (Σχήμα 2.2). Έτσι, η διαδρομή της μαγνητικής ροής στο διάκενο με τη μεγάλη μαγνητική αντίσταση είναι ελάχιστη. Επιπλέον, η μαγνητική ροή που διέρχεται από το τύλιγμα του δρομέα μεταβάλλεται περίπου γραμμικά, καθώς ο δρομέας στρέφεται [11].

Οι ηλεκτρικές μηχανές χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

- Εναλλασσόμενου – Συνεχούς ρεύματος
- Μονοφασικές – Πολυφασικές
- Σύγχρονες – Επαγωγικές



Σχ. 2.1: Δομή μιας στοιχειώδους ηλεκτρικής μηχανής [11]



Σχ. 2.2: Εγκάρσια τομή στη στοιχειώδη ηλεκτρική μηχανή. Δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου, όπου διακρίνεται ο στάτης. Οι μαγνητικές γραμμές είναι κάθετες στην επιφάνεια του δρομέα [11]

2.2.2. Το Ευρωπαϊκό Πρότυπο IEC

Η Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (IEC) είναι ένας παγκόσμιος οργανισμός για την τυποποίηση που περιλαμβάνει όλες τις εθνικές ηλεκτρολογικές επιτροπές (IEC εθνικές επιτροπές). Το αντικείμενο της IEC είναι να προωθηθεί η διεθνή συνεργασία για όλα τα θέματα που αφορούν την τυποποίηση στον ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό τομέα. Για το σκοπό αυτό και παράλληλα με άλλες δραστηριότητες, το IEC δημοσιεύει Διεθνή Πρότυπα, Τεχνικές Προδιαγραφές, Τεχνικές Εκθέσεις, Προδιαγραφές διαθέσιμες στο κοινό (Public Available Specifications - PAS) και Οδηγούς ("IEC δημοσίευση"). Η προετοιμασία τους έχει ανατεθεί σε τεχνικές επιτροπές. Κάθε IEC Εθνική Επιτροπή που ενδιαφέρεται για το θέμα που εξετάζεται μπορεί να συμμετέχει σε αυτό το προπαρασκευαστικό έργο. Το IEC συνεργάζεται στενά με το Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (ISO), σύμφωνα με όρους που καθορίζονται από συμφωνία μεταξύ των δύο οργανισμών.

Οι τυπικές αποφάσεις ή οι συμφωνίες της IEC σχετικά με τεχνικά θέματα εκφράζουν, όσο το δυνατό πλησιέστερα, μια διεθνής συναίνεση γνωμοδότησης για τα αντίστοιχα θέματα δεδομένου ότι κάθε τεχνική επιτροπή έχει εκπροσώπηση από όλες τις ενδιαφερόμενες IEC εθνικές επιτροπές.

Πρότυπα IEC που ακολουθούν οι μηχανές

Οι μηχανές έχουν σχεδιαστεί σύμφωνα με τα παρακάτω λειτουργικά πρότυπα:

IEC/ISO	DIN VDE	NAME
IEC 34-1	DIN VDE 0530 Teil1	Στρεφόμενες ηλεκτρικές μηχανές. Ονομαστικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά.
IEC 34-8	DIN VDE 0530 Teil 8	Στρεφόμενες ηλεκτρικές μηχανές. Μέρος 8: σημάνσεις τερματικού και φορά περιστροφής των στρεφόμενων μηχανών.
IEC 85	VDE 0530 Teil 1	Μονωτικά υλικά
IEC 72		Συναρμολόγηση και συνολικές διαστάσεις

IEC 72	DIN 42 673 Teil 1	Ένωση διαστάσεων και συμφωνία βαθμονόμησης εξόδων τύπου IM B3.
IEC 72	DIN 42 677 Teil 1	Ένωση διαστάσεων και συμφωνία βαθμονόμησης εξόδων τύπου IM B5, IM B14.
IEC 34-5	EN 60 034 Teil 5 DIN VDE 0530 Teil 5 IEC 34-5	Στρεφόμενες ηλεκτρικές μηχανές. Μέρος 5: Ταξινόμηση των βαθμών προστασίας από περιβλήματα των στρεφόμενων ηλεκτρικών μηχανών (κωδικός IP)
IEC 34-6	DIN VDE 34-6	Στρεφόμενες ηλεκτρικές μηχανές. Μέρος 6: Μέθοδοι ψύξης (κωδικός IC).
IEC 34-7	DIN IEC 34 Teil 7 IEC 34-7	Στρεφόμενες ηλεκτρικές μηχανές. Μέρος 7: Ταξινόμηση τύπων κατασκευών και κανονισμοί συναρμολόγησης (κωδικός IM).
IEC 34-9	DIN VDE 0530 Teil 9 IEC 34-9	Στρεφόμενες ηλεκτρικές μηχανές. Θόρυβος. Περιορισμένες τιμές.
IEC 34-12	DIN VDE Teil 12 IEC 34-12	Στρεφόμενες ηλεκτρικές μηχανές. Χαρακτηριστικά έναρξης μιας ταχύτητα τριφασικού ασύγχρονου ηλεκτρικού κινητήρα κλωβού δρομέα για τάσεις τροφοδοσίας μικρότερες ή ίσες των 660V.
IEC 38	DIN IEC 38	Καθορισμένες τάσεις προτεινόμενες από IEC.
IEC 252	DIN VDE 0560 Teil 8	Συμπυκνωτές. Συμπυκνωτές κινητήρα..

Πίν 2.1: Τα πρότυπα λειτουργίας των μηχανών [6]

Να σημειωθεί ότι πλέον η ονοματολογία των προτύπων IEC έχει αλλάξει και για τις ηλεκτρικές μηχανές προστέθηκε ο αριθμός 60000 μπροστά από κάθε πρότυπο. Για παράδειγμα το πρότυπο IEC 34-1, με τη νέα ονομασία έγινε IEC 60034-1.

2.2.3. Το πρότυπο IEC 60034-1 [31]

Το πρότυπο IEC 60034-1 αναφέρεται στις στρεφόμενες ηλεκτρικές μηχανές. Είναι το βασικό λειτουργικό πρότυπο των μηχανών. Το βασικό στοιχείο μιας στρεφόμενης ηλεκτρικής μηχανής είναι η μετατροπή ενέργειας από ηλεκτρική σε μηχανική μορφή και αντίστροφα, όπως και σε όλες τις ηλεκτρικές μηχανές γενικότερα.

2.2.3.1. Κύκλος Λειτουργίας

Ο κύκλος λειτουργίας μιας μηχανής αναφέρεται στη χρονική διάρκεια που η μηχανή συνεχίζει να λειτουργεί πριν χρειαστεί «ανάπαυση», ή το ποσοστό του χρόνου που είναι σχεδιασμένη να λειτουργήσει. Αρχικά το πρότυπο χωρίζει τις μηχανές ανάλογα με τον κύκλο λειτουργίας σε 10 κατηγορίες:

- Τύπος S1 – Συνεχής κύκλος ζωής: Λειτουργία σε σταθερό φορτίο διατηρείται για αρκετό χρόνο ώστε η μηχανή να φθάσει σε θερμική ισορροπία $\theta = \theta_{max}$.

Η μεταβολή των χαρακτηριστικών μεγεθών φαίνεται στο σχήμα 2.2. όπου :

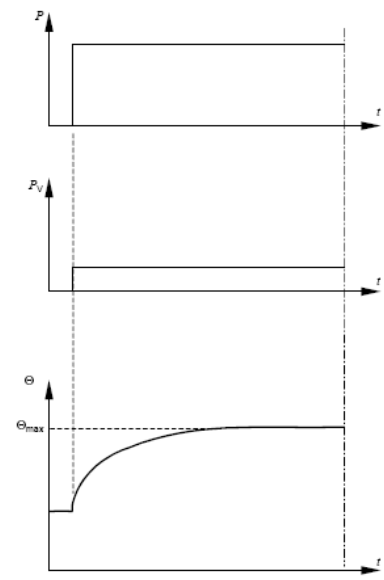
P: φορτίο

P_v: ηλεκτρικές απώλειες

θ: θερμοκρασία

θ_{max}: μέγιστη θερμοκρασία

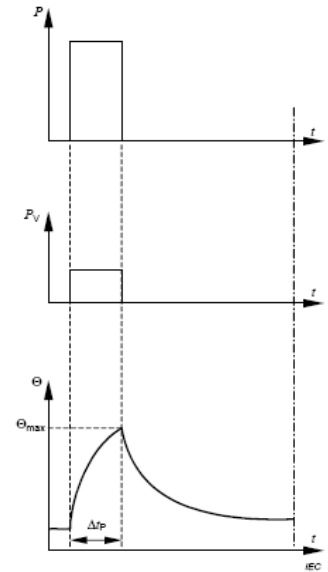
t: χρόνος



Key	
P	load
P _v	electrical losses
θ	temperature
θ _{max}	maximum temperature attained
t	time

Σχ 2.2: Ο κύκλος λειτουργίας S1

- Τύπος S2 - Λειτουργία σε σταθερό φορτίο (P) για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα Δt_p , μικρότερο από αυτό που απαιτείται για την επίτευξη θερμικής ισορροπίας, ακολουθούμενο από έναν επαρκή χρόνο απενεργοποίησης προκειμένου να αποκατασταθεί θερμοκρασία μηχανής μεγαλύτερη κατά $2\text{ }^\circ\text{K}$ από τη θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου.

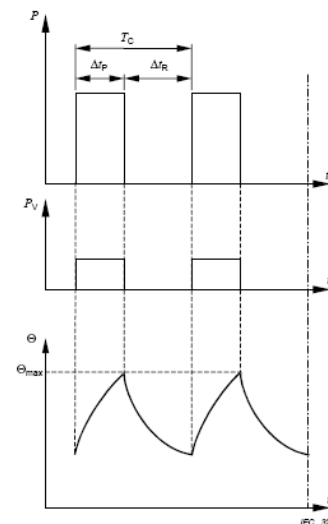


Key

P	load
P_v	electrical losses
Θ	temperature
Θ_{max}	maximum temperature attained
t	time
Δt_p	operation time at constant load

Σχ. 2.3: Ο κύκλος λειτουργίας S2

- Τύπος S3 - Μια ακολουθία όμοιων κύκλων λειτουργίας T_C , καθένας από τους οποίους περιλαμβάνει ένα χρονικό διάστημα λειτουργίας με σταθερό φορτίο Δt_p και ένα χρονικό διάστημα απενεργοποίησης και ηρεμίας Δt_R . Η διάρκεια του κύκλου είναι τέτοια ώστε το ρεύμα εκκίνησης δεν επηρεάζει σημαντικά την αύξηση της θερμοκρασίας. Η αναλογία $\Delta t_p / T_C$ ονομάζεται συντελεστής κυκλικής διάρκειας.

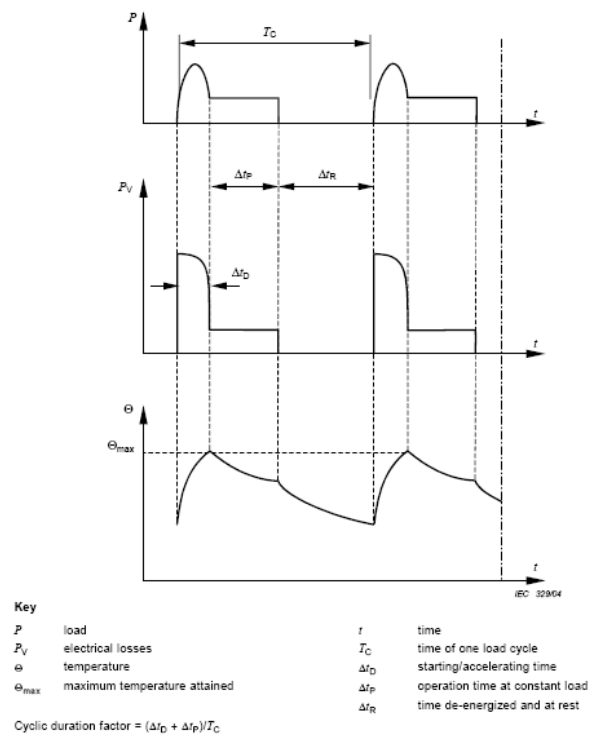


Key

P	load
P_v	electrical losses
Θ	temperature
Θ_{max}	maximum temperature attained
t	time
T_C	time of one load cycle
Δt_p	operation time at constant load
Δt_R	time de-energized and at rest
	Cyclic duration factor = $\Delta t_p / T_C$

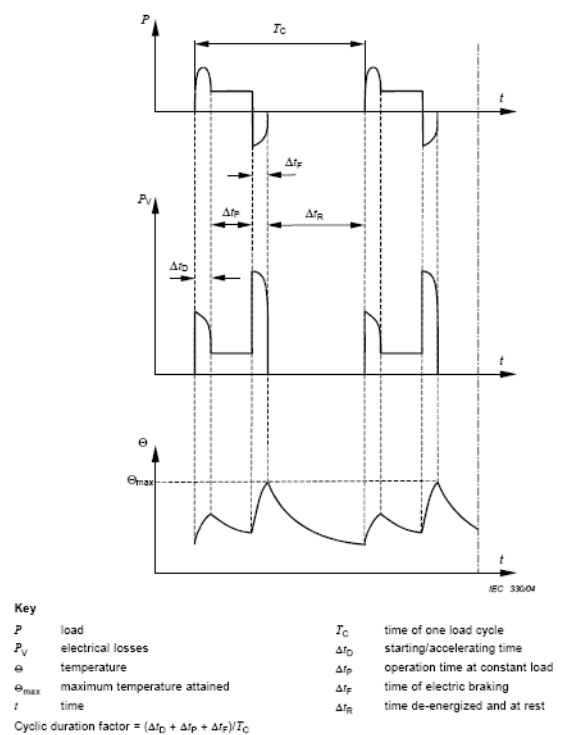
Σχ. 2.4: Ο κύκλος λειτουργίας S3

- Τύπος S4 - Μια ακολουθία όμοιων κύκλων λειτουργίας T_C , καθένας από τους οποίους αποτελείται από ένα σημαντικό χρόνο εκκίνησης Δt_0 , ένα χρόνο φόρτισης με σταθερό φορτίο Δt_p και ένα χρόνο απενεργοποίησης και ηρεμίας Δt_R .



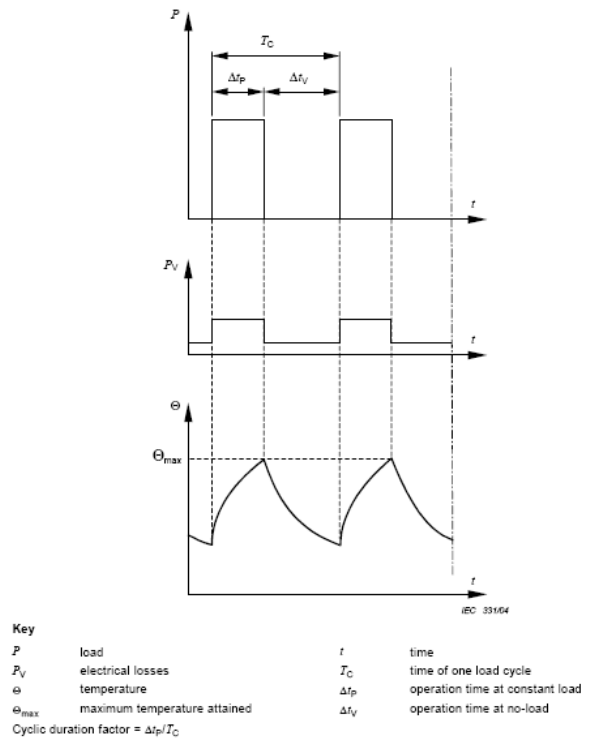
Σχ. 2.5: Ο κύκλος ζωής S4

- Τύπος S5 – Μία ακολουθία πανομοιότυπων κύκλων λειτουργίας T_C , καθένας από τους οποίους αποτελείται από ένα χρόνο εκκίνησης Δt_0 , , ένα χρόνο λειτουργίας με σταθερό φορτίο Δt_p , ένα χρόνο ηλεκτρικής πέδησης Δt_f και ο υπόλοιπος χρόνος απενεργοποίησης και ηρεμίας Δt_R .



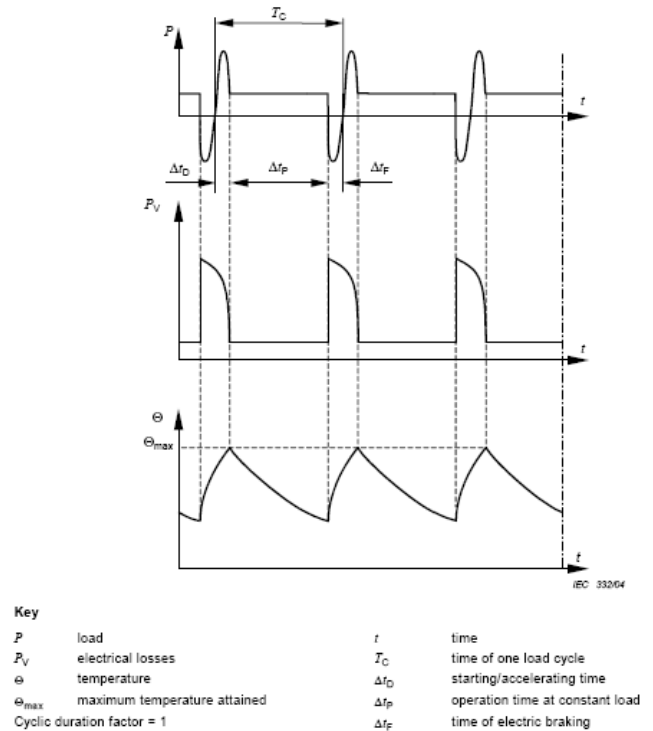
Σχ. 2.6: Ο κύκλος λειτουργίας S5

- Τύπος S6 - Μία ακολουθία πανομοιότυπων κύκλων λειτουργίας T_C , καθένας από τους οποίους αποτελείται από ένα χρόνο λειτουργίας σε σταθερό φορτίο Δt_p και ένα χρόνο λειτουργίας χωρίς φορτίο Δt_v . Δεν υπάρχει χρόνος ανάπαυσης.



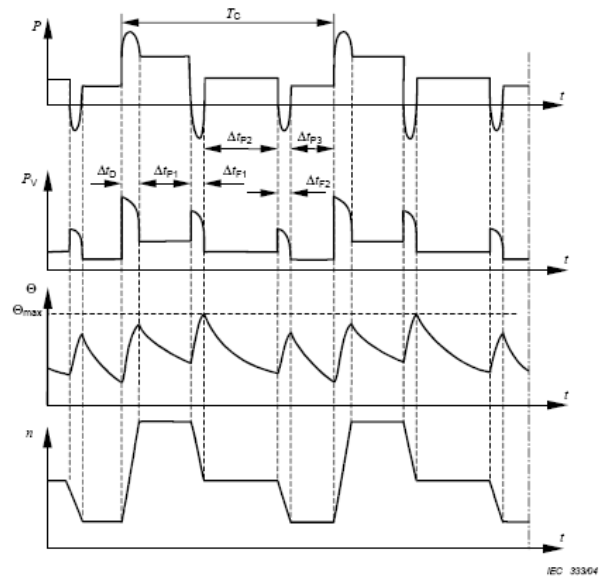
Σχ. 2.7: Ο κύκλος ζωής S6

- Τύπος S7 - Μία ακολουθία πανομοιότυπων κύκλων λειτουργίας T_C , καθένας από τους οποίους αποτελείται από ένα χρόνο εκκίνησης Δt_0 , ένα χρόνο λειτουργίας με σταθερό φορτίο Δt_p , ένα χρόνο ηλεκτρικής πέδησης Δt_f . Δεν υπάρχει χρόνος ανάπαυσης.



Σχ. 2.8: Ο κύκλος λειτουργίας S7

- Τύπος S8 - Μία ακολουθία πανομοιότυπων κύκλων λειτουργίας, καθένας από τους οποίους αποτελείται από ένα χρόνο φόρτισης με σταθερό φορτίο Δt_{P1} που αντιστοιχεί σε προκαθορισμένη ταχύτητα περιστροφής, ακολουθούμενο από μία ή περισσότερες λειτουργίες με διαφορετικά φορτία που αντιστοιχούν σε διαφορετικές ταχύτητες περιστροφής. Επίσης και εδώ δεν υπάρχει χρόνο αναπαύσεως.



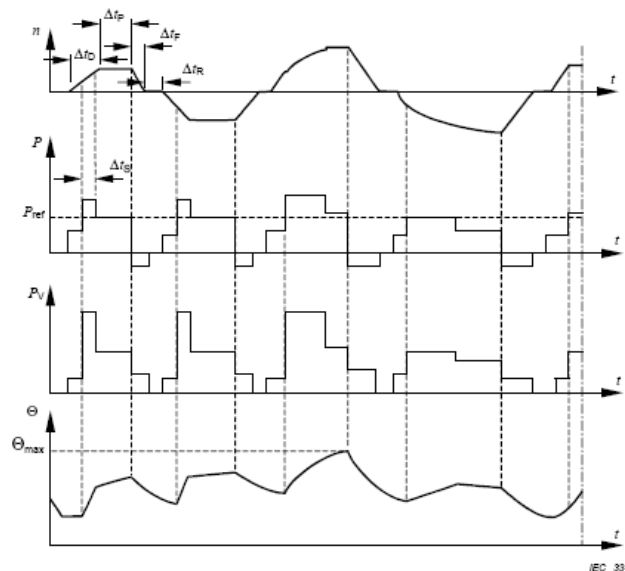
Key

P	load	t	time
P_v	electrical losses	T_C	time of one load cycle
θ	temperature	Δt_D	starting/accelerating time
θ_{max}	maximum temperature attained	Δt_P	operation time at constant load (P1, P2, P3)
n	speed	Δt_F	time of electric braking (F1, F2)

Cyclic duration factor = $(\Delta t_D + \Delta t_{P1})/T_C; (\Delta t_{F1} + \Delta t_{P2})/T_C; (\Delta t_{F2} + \Delta t_{P3})/T_C$

Σχ. 2.9: Ο κύκλος λειτουργίας S8

- Τύπος S9 – Ένας κύκλος φόρτισης με ένα γενικό φορτίο P_{N1} που η τιμή του μεταβάλλεται με μη περιοδικό τρόπο μέσα σε επιτρεπόμενα όρια λειτουργίας.

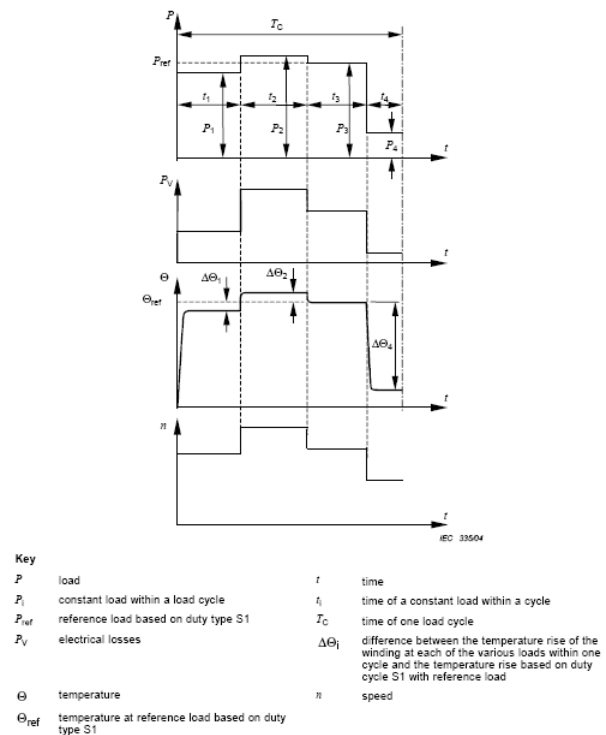


Key

P	load	t	time
P_{ref}	reference load	Δt_D	starting/accelerating time
P_v	electrical losses	Δt_P	operation time at constant load
θ	temperature	Δt_F	time of electric braking
θ_{max}	maximum temperature attained	Δt_R	time de-energized and at rest
n	speed	Δt_S	time under overload

Σχ. 2.10: Ο κύκλος λειτουργίας S9

- **Τύπος S10** – Ο κύκλος λειτουργίας Tc αποτελείται από συγκεκριμένο αριθμό διακριτών σταθερών τιμών φορτίου (P1...P4) και εάν είναι εφικτό, η αναλογία φορτίο/ταχύτητα διατηρείται για ικανοποιητικό διάστημα μέχρι η μηχανή να φτάσει τη θερμική της ισορροπία. Το ελάχιστο φορτίο μέσα στον κύκλο ζωής μπορεί να έχει και μηδενική τιμή.



Σχ. 2.11: Ο κύκλος λειτουργίας S10

2.2.3.2. Βαθμονόμηση

Προτεραιότητα δίνεται στις ονομαστικές τιμές του κατασκευαστή. Οι μονάδες μέτρησης είναι του SI, δηλαδή:

	Μονάδα Εξόδου
DC γεννήτριες	W
AC γεννήτριες	VA με συντελεστή ισχύος cosφ
Μηχανές	W
Σύγχρονοι Συμπυκνωτές	Var

Πιν 2.2: Μονάδες μέτρησης των εξόδων των μηχανών

2.2.3.3. Συνθήκες Λειτουργίας

Οι συνθήκες λειτουργίας των μηχανών είναι:

- Υψόμετρο: Όχι πάνω από 1000m από το ύψος της θάλασσας

- Μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος αέρα: Μέχρι 40°C
- Ελάχιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος αέρα: Όχι κάτω από -15°C εκτός από τις εξής περιπτώσεις των μηχανών:
 - Με έξοδο 3300 kW (ή kVA) για 1000 min⁻¹
 - Με έξοδο λιγότερη από 600 W (η VA)
 - Με περίβλημα
 - Με συλλέκτη
 - Με το νερό σαν αρχικό ή δευτερεύον μέσο ψύξηςΌπου εκεί η ελάχιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος αέρα είναι 0°C.
- Θερμοκρασία νερού σαν ψυκτικό μέσο: Από 5°C έως 25°C
- Καθαρότητα ψυκτικού υγρού: Το ψυκτικό μέσο δεν πρέπει να περιέχει λιγότερο από 90% υδρογόνο κατ' όγκο

2.2.3.4. Ηλεκτρικές Συνθήκες Λειτουργίας

Γενικά θεωρείται ότι γίνεται αναφορά για σύνδεση των τριφασικών μηχανών σε 50Hz ή 60Hz, εκτός από τους α.σ. κινητήρες που τροφοδοτούνται από στατικούς μετατροπείς του τριφασικού ρεύματος/τάσης σε μονοφασικό ρεύμα/τάση.

Τύπος και συμμετρία τάσεων και ρευμάτων

Η κυματομορφή της τάσης που παρέχεται στις μηχανές έχει ημιτονοειδή μορφή με συχνότητα 50Hz ή 60Hz. Τις περισσότερες φορές όμως γύρω από αυτήν τη συχνότητα, εμφανίζονται και άλλες συχνότητες μικρότερου πλάτους, που λέγονται αρμονικές συνιστώσες τάσεις. Αρμονική παραμόρφωση τάσης στους ακροδέκτες μιας μηχανής μεταφράζεται σε αρμονικές διακυμάνσεις στο εσωτερικό της μηχανής. Οι αρμονικές διακυμάνσεις δεν συμβάλλουν σημαντικά στη ροπή της μηχανής, αλλά εναλλάσσονται με συχνότητα διαφορετική από τη σύγχρονη συχνότητα, κυρίως επάγουν ρεύματα υψηλής συχνότητας στον δρομέα [12]. Οι αρμονικές επίσης προκαλούν υπερφόρτιση (δηλαδή υπερθέρμανση) και αυξάνουν τις δονήσεις και τον θόρυβο (μηχανική καταπόνηση). Μακροχρόνια οι αρμονικές προκαλούν πρόωρη γήρανση τη μηχανής. Οι αρμονικές επίσης

υπερθερμαίνουν τον αγωγό ουδετέρου καθώς προστίθενται και δίνουν ρεύματα κατά πολύ μεγαλύτερα από όταν τα φορτία είναι γραμμικά.

- A.C. κινητήρες: Δεν πρέπει να ξεπερνούν το 2% για μονοφασικούς ή τριφασικούς κινητήρες και το 3% για πολυφασικούς κινητήρες. Σε κάθε περίπτωση δεν πρέπει η αύξηση της θερμοκρασίας που προκαλείται να είναι μεγαλύτερη των 10°C. Ο μαθηματικός τύπος είναι:

$$HVF = \sqrt{\sum_{n=2}^k \frac{u_n^2}{n}}, \text{ όπου}$$

n : ο βαθμός της αρμονικής (χωρίς να υπολογίζονται τα πολλαπλάσια του 3)

u_n : η ανά μονάδα τιμή της τάσης στη n -ιοστή αρμονική.

Οι a.c. κινητήρες που τροφοδοτούνται από στατικούς μετατροπείς πρέπει να έχουν ανοχή για ισχυρότερες αρμονικές.

- A.C. γεννήτριες: Οι αρμονικές του ρεύματος δεν πρέπει να ξεπερνούν το 5%. Επίσης σε κάθε περίπτωση επίδρασης των αρμονικών δεν πρέπει να προκαλείται αύξηση της θερμοκρασίας μεγαλύτερη από 10°C. Ο μαθηματικός τύπος είναι:

$$HCF = \sqrt{\sum_{n=2}^k i_n^2}, \text{ όπου}$$

i_n : το ρεύμα ανά μονάδα στην n -ιοστή αρμονική.

- Σύγχρονες μηχανές: Για τις τριφασικές σύγχρονες μηχανές ισχύει ο παρακάτω πίνακας 2.3, με I_N : να είναι το ονομαστικό ρεύμα και I_2 : να είναι το ρεύμα που προκαλείται από τις αρμονικές και επειδή έχει φορά αντίθετη της βασικής συνιστώσας του ρεύματος.

	Τύπος Μηχανής	Μέγιστη I_2/I_N τιμή για συνεχή λειτουργία	Μέγιστο $(I_2/I_N)^2 \times t$ σε sec για λειτουργία κάτω από λανθασμένες συνθήκες
Προεξέχοντες πόλοι μηχανής			
1	Έμμεση ψύξη τυλιγμάτων Μηχανές	0,1	20
	Γεννήτριες	0,08	20
	Σύντρονοι συμπυκνωτές	0,1	20
2	Άμεση ψύξη (εσωτερική) στάτη η/και τυλιγμάτων πεδίου Μηχανές	0,08	15
	Γεννήτριες	0,05	15
	Σύντρονοι συμπυκνωτές	0,08	15
Κυλινδρικός δρομέας σύγχρονων μηχανών			
3	Έμμεση ψύξη τυλιγμάτων δρομέα		
	Ψύξη αέρα	0,1	15
	Ψύξη υδροσόνου	0,1	10
4	Άμεση ψύξη (εσωτερική) τυλιγμάτων δρομέα		
	≤350 MVA	0,08	8
	>350 ≤900 MVA	Note 1	Note 2
	>900 ≤1 250 MVA	Note 1	5
>1 250 ≤1 600 MVA	0,05	5	
NOTE 1 Για τέτοιες μηχανές η τιμή I_2/I_N υπολογίζεται ως εξής:			
$\frac{I_2}{I_N} = 0,08 - \frac{S_N - 350}{3 \times 10^4}$			
NOTE 2 Για τέτοιες μηχανές η τιμή $(I_2/I_N)^2 \times t$ σε δευτερόλεπτα, υπολογίζεται ως εξής:			
$(I_2/I_N)^2 \times t = 8 - 0,00545 (S_N - 350)$			
όπου S_N η φαινόμενη ισχύς σε MVA			

Πιν 2.3: Ανοχή αρμονικών για σύγχρονες μηχανές

Στην περίπτωση των DC μηχανών που τροφοδοτούνται από στατικό μετατροπέα, η κυμάτωση της τάσης και του ρεύματος επηρεάζουν τη λειτουργία της μηχανής. Οι απώλειες οπότε και η θερμοκρασία θα αυξηθούν και γενικά οι υπολογισμοί είναι πιο δύσκολοι σε σχέση με τις DC μηχανές που τροφοδοτούνται από καθαρή DC πηγή ρεύματος. Εάν είναι αναγκαίο για μηχανές με ονομαστική ισχύ εξόδου μεγαλύτερη των 5kW, απαιτείται ο μετατροπέας ρεύματος να σχεδιαστεί για συγκεκριμένη τιμή.

Ο σταθερός μετατροπέας ρεύματος χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένο κώδικα με βάση την τάση εισόδου, τη συχνότητα και την αυτεπαγωγή που προστίθεται.

2.2.3.5. **Θερμική απόδοση**

Τα βασικά μέσα ψύξης είναι ο αέρας και το υδρογόνο, χρησιμοποιούμενα είτε ξεχωριστά το καθένα είτε ο συνδυασμός τους, είτε σαν άμεσες είτε σαν έμμεσες μέθοδοι ψύξης.

Οι συνθήκες που πρέπει να ελεγχθούν για θερμικό έλεγχο είναι:

- Ηλεκτρική τροφοδοσία
- Θερμοκρασία μηχανής πριν τον έλεγχο
- Θερμοκρασία ψυκτικού μέσου
- Μέτρηση θερμοκρασίας ψυκτικού μέσου στην διάρκεια του ελέγχου
 - Ανοιχτές ή κλειστές μηχανές χωρίς εναλλάκτες θερμότητας (ψύξη από περιβάλλοντα εξωτερικό αέρα ή αέριο)
 - Μηχανές που ψύχονται με αέρα ή φυσικό αέριο από μια μακρινή πηγή μέσω αγωγών αερισμού και ξεχωριστά τοποθετημένους εναλλάκτες θερμότητας
 - Κλειστές μηχανές με εσωτερικούς εναλλάκτες θερμότητας
- Αύξηση της θερμοκρασίας σε κάθε μέρος της υπό έλεγχο μηχανής
- Μέτρηση θερμοκρασίας γενικά και των περιελίξεων
 - Μέθοδος αντίστασης
 - Μέθοδος εσωτερικού αισθητήρα θερμοκρασίας (ETD method)
 - Μέθοδος θερμομέτρου

2.2.3.6. **Άλλοι Έλεγχοι Απόδοσης**

Έλεγχοι ρουτίνας

Οι έλεγχοι ρουτίνας είναι πάντα εργοστασιακοί έλεγχοι. Πρέπει να διεξάγονται στον κατασκευαστή, και ας μην είναι τελειωμένες οι μηχανές. Οι έλεγχοι ρουτίνας δεν απαιτούν να είναι συναρμολογημένη η μηχανή εκτός από τους ελέγχους του ανοιχτού κυκλώματος στις σύγχρονες μηχανές. Ο Πίνακας 2.6 δείχνει τις ελάχιστες δοκιμές που είναι προγραμματισμένες να γίνουν με ονομαστική ισχύ εξόδου ≤ 20 MW (MVA). Επιπλέον

έλεγχος πρέπει να γίνουν για τιμές άνω των 200 kW (kVA). Για τις DC μηχανές ανάλογα με τις διαστάσεις και το σχεδιασμό γίνεται και έλεγχος υπό φορτίο.

Number	Test	Επαγωγικές μηχανές (κ σύγχρονες επαγωγικές μηχανές) ¹	Σύγχρονες μηχανές		DC μηχανές με εξωτερική διέγερση
			Κινητήρες/Γεννήτριες		
1	Αντίσταση τυλιγμάτων	Ναι	Ναι		Ναι
2	Απώλειες και ρεύμα χωρίς φορτίο	Ναι	-		-
3a	Απώλειες χωρίς φορτίο στη μονάδα ισχύος (2)	-	Ναι ⁴		-
3b	Ρεύμα διέγερσης χωρίς φορτίο σε ονομαστική τάση, δοκιμή ανοιχτού κυκλώματος (2)	-	Ναι ⁴		-
4	Ρεύμα διέγερσης στην ονομαστική ταχύτητα και ονομαστική τάση οπλισμού	-	-		Ναι
5	Προκληθείσα τάση ανοιχτού κυκλώματος σε ακινησία (3)	Ναι	-		-
6a	Διεύθυνση περιστροφής	Ναι	Ναι	-	Ναι
6b	Αλληλουχία φάσεων	-	-	Ναι	-
7	Δοκιμή αντοχής τάσης	Ναι	Ναι		Ναι

¹ IEC 411-33-04
² Εξαιρούνται μηχανές με μόνιμους μαγνήτες
³ Για ασφάλεια αυτή η δοκιμή μπορεί να εκτελεστεί με μειωμένη τάση
⁴ Δοκιμές 3a και 3b, μόνο μια από αυτές απαιτείται

Πιν. 2.4 Ελάχιστοι προγραμματισμένοι έλεγχοι ρουτίνας

Τάση αντοχής

Ο επόμενος έλεγχος είναι ένας έλεγχος τάσης που εφαρμόζεται μεταξύ των περιελίξεων που εξετάζονται και του πλαισίου της μηχανής, με τον πυρήνα και τα τυλίγματα να μην «ενώνονται» με το πλαίσιο. Αυτός ο έλεγχος γίνεται μόνο σε καινούργιες συναρμολογημένες μηχανές, σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας από τον κατασκευαστή. Είναι το επόμενο στάδιο μετά τον θερμικό έλεγχο.

Περιστασιακό πλεόνασμα ρεύματος

Η ικανότητα υπέρβασης του ρεύματος στις περιστρεφόμενες μηχανές δίνεται για τους σκοπούς του συντονισμού αυτών των μηχανημάτων με τον έλεγχο και τις προστατευτικές διατάξεις. Δοκιμές για να αποδειχθούν οι δυνατότητες δεν είναι μια απαίτηση του εν λόγω προτύπου. Η θερμαντική επίδραση στις περιελίξεις της μηχανής

ποικίλλει περίπου όσο το γινόμενο του χρόνου και το τετράγωνο του ρεύματος. Ένα ρεύμα μεγαλύτερο από το ονομαστικό ρεύμα θα οδηγήσει σε αύξηση της θερμοκρασίας.

Στιγμαία αύξηση ροπής για τους κινητήρες

Οι μηχανές, ανεξάρτητα από την κατασκευή τους, πρέπει να είναι ικανές να αντέχουν μια υπέρβαση ροπής σε ποσοστό τουλάχιστον 60% της ονομαστικής ροπής τους για 15 δευτερόλεπτα χωρίς να σταματούν ούτε να παρουσιάζουν απότομη αλλαγή της ταχύτητας (κάτω από σταδιακή αύξηση της ροπής). Η τάση και η συχνότητα (για κινητήρες επαγωγής) πρέπει να διατηρούνται στις ονομαστικές τους τιμές.

Ροπή ανύψωσης (pull- up torque)

Εάν δεν καθορίζεται αλλιώς η ροπή ανύψωσης δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 0,3 της ονομαστικής ροπής

Ασφαλής ταχύτητα λειτουργίας των επαγωγικών κινητήρων με κλωβό

Και οι τρεις φάσεις των επαγωγικών κινητήρων με κλωβό και αριθμό πλαισίου μέχρι και 315 και για τάσεις μέχρι και 1 000 V, πρέπει να μπορούν να εκτελέσουν ασφαλή συνεχή λειτουργία σε ταχύτητες έως και την απαιτούμενη ταχύτητα που δίδεται στον πίνακα 2.5 εκτός αν ορίζεται διαφορετικά.

Αριθμός frame	2 πόλοι	4 πόλοι	6 πόλοι
≤ 100	5 200	3 600	2 400
112	5 200	3 600	2 400
132	4 500	2 700	2 400
160	4 500	2 700	2 400
180	4 500	2 700	2 400
200	4 500	2 300	1 800
225	3 600	2 300	1 800
250	3 600	2 300	1 800
280	3 600	2 300	1 800
315	3 600	2 300	1 800

NOTE: Οι παραπάνω τιμές μπορούν να μειωθούν για να ικανοποιήσουν το πρότυπο IEC60079

Πίν 2.5: Μέγιστη ασφαλή ταχύτητα λειτουργίας

Υπέρβαση ταχύτητας

Μία δοκιμή υπερβολικής ταχύτητας θεωρείται ικανοποιητική όταν δεν εμφανιστεί μόνιμη εμφανής παραμόρφωση και άλλες ανωμαλίες που θα εμπόδιζαν τη μηχανή να λειτουργήσει κανονικά. Η διάρκεια κάθε παρόμοιας δοκιμής είναι 2 λεπτά.

Ρεύμα βραχυκύκλωσης για σύγχρονες μηχανές

Αντοχή βραχυκυκλώματος για σύγχρονες μηχανές

Συνολική αρμονική παραμόρφωση (THD) για σύγχρονες μηχανές

Σε έλεγχο ανοιχτοκυκλώματος, οι αρμονικές που παράγονται στη γραμμή δεν πρέπει να ξεπερνούν το 5% της ονομαστικής τάσης.

2.2.3.7. Πινακίδες Μηχανής


Κάθε ηλεκτρική μηχανή πρέπει να διαθέτει τουλάχιστον μία πινακίδα, κατασκευασμένη από ανθεκτικό υλικό, τοποθετημένη σε ασφαλές πλαίσιο στήριξης, και να περιλαμβάνει τα παρακάτω στοιχεία:

- Όνομα και κωδικός κατασκευαστή
- Έτος κατασκευής
- Κωδικός μηχανής του κατασκευαστή
- Για τις a.c. μηχανές, ο αριθμός των φάσεων
- Χαρακτηριστικά όρια μηχανής και η μέση απόδοση σύμφωνα με τις προδιαγραφές των προτύπων της σειράς IEC 60034-X ή αντίστοιχων εθνικών προτύπων.
- Βαθμός προστασίας του εσωτερικού σχεδιασμού της μηχανής με βάση το πρότυπο IEC 60034-5.
- Θερμική κλάση και τα όρια θερμοκρασίας ή αύξησης της θερμοκρασίας, με το συμβολισμό 'P' ή 'S', ανάλογα αν οι μετρήσεις έχουν γίνει με βάση το πρωτεύον ή το δευτερεύον μέσο ψύξης. Οι πληροφορίες πρέπει να δίνονται τόσο σχετικά με τον στάτη όσο και με τον δρομέα αντίστοιχα.
- Έξοδος ή εύρος εξόδων
- Τάση/εις ή το εύρος/η των τάσεων
- Για τις a.c. μηχανές η συχνότητα ή το εύρος συχνοτήτων (π.χ. 50 Hz/a.c. ή 50 Hz/d.c)
- Ρεύμα/τα ή το εύρος/η των ρευμάτων
- Ταχύτητα/ες ή τα αντίστοιχα εύρη.
- Επιτρεπόμενη επιτάχυνση
- Για τις d.c. μηχανές ξένης διέγερσης και για τις σύγχρονες μηχανές οι τιμές της τάσης και του ρεύματος διέγερσης.
- Για a.c. μηχανές ο συντελεστής ισχύος.
- Για επαγωγικές μηχανές δακτυλιοφόρου δρομέα, η ονομαστική τάση ανοιχτοκυκλώματος μεταξύ των δακτυλίων και το ονομαστικό ρεύμα δακτυλίου.
- Για τους d.c. κινητήρες με τυλίγματα που πρόκειται να τροφοδοτηθούν από στατικούς μετατροπείς ισχύος, ο κωδικός ταυτοποίησης του στατικού μετατροπέα ισχύος σύμφωνα με τα αντίστοιχα πρότυπα.
- Μέγιστες τιμές για τη θερμοκρασία περιβάλλοντος αέρα (εάν είναι διαφορετική από 40 °C) και θερμοκρασία ψυκτικού νερού (εάν είναι διαφορετική από 25 °C). Ελάχιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος αέρα (εάν είναι διαφορετική από 6.4), το ύψος πάνω από το επίπεδο της θάλασσας που είναι σχεδιασμένη η μηχανή (εάν ξεπερνά τα 1000m), η συνολική μάζα της μηχανής εάν υπερβαίνει τα 30 kg.
- Για μηχανές που λειτουργούν με μία φορά περιστροφής, να φαίνεται το αντίστοιχο βέλος.

- Οδηγίες σύνδεσης σε διάγραμμα κοντά στα άκρα της μηχανής

2.2.3.8. Διάφορες Απαιτήσεις

Οι μηχανές πρέπει να διαθέτουν γραμμή γείωσης ή οποιαδήποτε άλλη συσκευή που να επιτρέπει τη σύνδεση με έναν αγωγό γείωσης ή προστασίας. Το διεθνές σύμβολο για τη

γείωση είναι: 

Οι μηχανές πρέπει να γειώνονται είτε απευθείας είτε μέσω ακροδεκτών στις περιπτώσεις που έχουν πρόσθετη μόνωση, αποτελούνται από συμπληρωματικά κομμάτια με πρόσθετη μόνωση και στη περίπτωση που οι τάσεις είναι μέχρι 50 V a.c. ή 120 V d.c. και θα χρησιμοποιηθούν μόνο σε κυκλώματα πολύ χαμηλής τάσης (SELV circuits). Στην περίπτωση που οι τάσεις εξόδου είναι από 50 V έως 1000 V a.c. ή 120 V έως 1500 V d.c., ο αγωγός γείωσης πρέπει να γειτνιάζει με όλους τους αγωγούς γραμμής. Για μεγαλύτερες τάσεις προστίθεται και μεταλλικός αγωγός για γείωση του περιβλήματος των καλωδίων των αγωγών. Πρέπει να υπάρχει γείωση και με τον δρομέα και τα τυλίγματα της μηχανής. Στον παρακάτω πίνακα 2.6 φαίνεται η διατομή των ενεργών αγωγών και η σχέση με τους αντίστοιχους αγωγούς γείωσης.

Διατομή ενεργών αγωγών σε mm^2	Διατομή αγωγών προστασίας ή γείωσης σε mm^2
4	4
6	6
10	10
16	16
25	25
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70

185	95
240	120
300	150
400	185

Πιν 2.6: η επιφάνεια των ενεργών αγωγών σε σχέση με τους αγωγούς γείωσης

2.2.3.9. Ηλεκτρομαγνητική Συμβατότητα

Η ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα εξαρτάται από τα ηλεκτρικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται το εσωτερικό της μηχανής και από αυτά που συνδέεται στην έξοδό της, καθώς και από το εάν και πόσες ψήκτρες διαθέτει.

2.2.3.10. Ασφάλεια

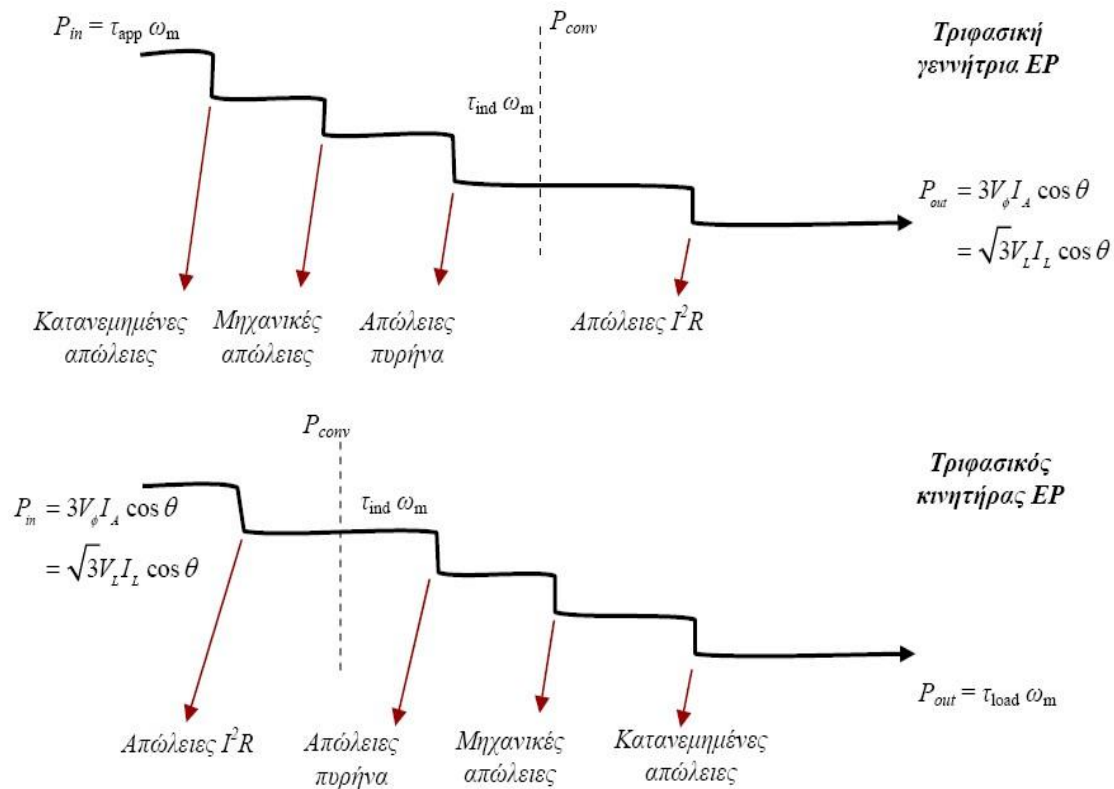
Τα πρότυπα που ακολουθούνται για την ασφάλεια αναφέρονται στα πρότυπα IEC 60204-1, IEC 60204-11 και IEC 60335-1.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΜΕΓΑΛΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ

Σ' όλες τις ηλεκτρικές μηχανές, κατά τη διαδικασία της μετατροπής της ενέργειας, από μηχανική σε ηλεκτρική (γεννήτριες) και το αντίστροφο στους κινητήρες, εμφανίζονται απώλειες ισχύος. Έτσι, η ισχύς εξόδου P_{out} είναι πάντα μικρότερη από την ισχύ εισόδου P_{in} , κατά την ισχύ απωλειών P_{loss}

$$P_{out} = P_{in} - P_{loss} \quad (3.1)$$

Οι απώλειες μια μηχανής είναι ηλεκτρικές, μηχανικές και μαγνητικές. Οι ηλεκτρικές απώλειες οφείλονται στη θερμότητα που παράγεται όταν τα κυκλώματα της μηχανής διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα. Οι μηχανικές απώλειες είναι απώλειες τριβής των μηχανικών τμημάτων των μηχανών όσο και της αντίστασης του αέρα. Τέλος οι μαγνητικές απώλειες είναι απώλειες δινορρευμάτων και απώλειες υστερήσεων και εξαρτώνται από τους πόλους, τη μαγνητική ροή και τις στροφές της μηχανής.



Εικ. 3.1: Διαγράμματα ροής ισχύος [13]

Οι συνολικές απώλειες P_T καθορίζονται από το άθροισμα των επιμέρους απωλειών.
 Αναλυτικότερα:

Για τις DC μηχανές:

$$P_T = P_k + P_a + P_b + P_{LL} + P_e \quad (3.2)$$

$$\text{με } P_e = P_f + P_E \quad (3.3)$$

$$\text{και } P_k = P_{fw} + P_{Fe} \quad (3.4)$$

Για τις επαγωγικές μηχανές:

$$P_T = P_k + P_s + P_r + P_{LL} \quad (3.5)$$

$$\text{με } P_k = P_{fw} + P_{Fe}$$

Για τις σύγχρονες μηχανές:

$$P_T = P_k + P_a + P_{LL} + P_e \quad (3.6)$$

$$\text{με } P_e = P_f + P_E + P_b \quad (3.7)$$

$$\text{και } P_k = P_{fw} + P_{Fe}$$

όπου:

P_a : είναι οι απώλειες των τυλιγμάτων και ισούνται με $I^2 R$

P_b : είναι οι απώλειες της ψύκτρας

P_E : είναι οι απώλειες διέγερσης

P_e : είναι η ισχύς διέγερσης

P_f : είναι οι απώλειες τυλιγμάτων του κυκλώματος διέγερσης

P_{Fe} : είναι οι απώλειες του σιδήρου

P_{fw} : είναι οι απώλειες τριβής και αντίστασης του αέρα

P_k : είναι οι σταθερές απώλειες

P_{LL} : είναι πρόσθετες απώλειες φορτίου

P_r : είναι οι απώλειες τυλίγματος του δρομέα και ισούνται με $I^2 R_r$

P_s : είναι οι απώλειες τυλίγματος του στάτη και ισούνται με $I^2 R_s$

P_T : είναι οι συνολικές απώλειες

Η απόδοση μιας μηχανής είναι πρακτικά το μέρος της ενέργειας που παράγεται πραγματικά και μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Δίνεται από τον τύπο:

$$h = \frac{P_1 + P_{1E} - P_T}{P_1 + P_{1E}} = \frac{P_2}{P_2 + P_T} \quad (3.8)$$

με

P_1 : είναι η ισχύς εισόδου (χωρίς την ισχύ διέγερσης από ξεχωριστή πηγή)

P_2 : είναι η ισχύς εξόδου

P_{1E} : είναι η ισχύς διέγερσης από ξεχωριστή πηγή

P_T : είναι οι συνολικές απώλειες όπως ορίσθηκαν παραπάνω ανάλογα με το είδος της μηχανής

Η απόδοση μπορεί να καθοριστεί είτε άμεσα, μετρώντας την ηλεκτρική και μηχανική ισχύ των εισόδων και εξόδων, είτε έμμεσα, μετρώντας ξεχωριστά τις απώλειες κάθε τμήματος της μηχανής και αθροίζοντάς τες ή μετρώντας κατευθείαν τις συνολικές απώλειες. Σε κάθε περίπτωση όμως εμπεριέχεται και ο παράγοντας της αβεβαιότητας που εξαρτάται από την ζητούμενη ακρίβεια, τον τύπο και το μέγεθος της μηχανής και τον διαθέσιμο εξοπλισμό.

Υπάρχουν τρεις μέθοδοι για τον καθορισμό της απόδοσης των μεγάλων μηχανών, μέσω των απωλειών τους:

- Μέθοδος βαθμονόμησης μηχανής (Calibrated-machine method)
- Μέθοδος καθυστέρησης / επιβράδυνσης (Retardation method)
- Μέθοδος θερμιδομέτρησης (Calorimetric method)

Οι μέθοδοι αυτοί χρησιμοποιούνται σε μεγάλες μηχανές όπου δεν είναι οικονομικά εφικτό να εφαρμοστούν άλλες μέθοδοι. Στη συνέχεια θα αναλυθούν περαιτέρω αυτές οι μέθοδοι.

3.1. Μέτρηση απόδοσης με τη μέθοδο της βαθμονομημένης μηχανής

Η μέθοδος της βαθμονομημένης μηχανής χρησιμοποιείται για την μέτρηση της απόδοσης μιας ηλεκτρικής μηχανής. Μία βαθμονομημένη μηχανή συνδέεται μηχανικά στην ηλεκτρική μηχανή υπό εξέταση, και έτσι η ηλεκτρική είσοδος της μηχανής εξαρτάται από της ηλεκτρική είσοδο της βαθμονομημένης μηχανής. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται γενικά σαν μια εργοστασιακή δοκιμή. Χρησιμοποιείται επίσης όταν δεν είναι διαθέσιμο δυναμόμετρο ή ροπόμετρο (για μέτρηση της ροπής).

Σκοπός αυτής της μεθόδου είναι να συγκριθεί η υπό εξέταση μηχανή με την βαθμονομημένη μηχανή, που θεωρείται σαν γνωστό πρότυπο. Η βαθμονόμηση της μηχανής η οποία είναι συνήθως D.C. μηχανή, γίνεται με επαρκή αριθμό δοκιμών με σταθερά ηλεκτρικά φορτία (και χωρίς φορτίο), ώστε να προσδιοριστεί επακριβώς η σχέση μεταξύ της ισχύος εξόδου σαν μια συνάρτηση της ισχύος εισόδου ανάλογα και με τη θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου στην είσοδο. Έτσι προκύπτει μία μορφή καμπύλης η οποία χρησιμοποιείται στη συνέχεια για τον έλεγχο.

3.1.1. Διαδικασία δοκιμών

Η μηχανή υπό δοκιμή πρέπει να είναι πλήρως συναρμολογημένη με όλα τα κομμάτια για κανονική λειτουργία. Πριν την έναρξη των δοκιμών γίνονται μετρήσεις για τις αντιστάσεις των τυλιγμάτων και τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Κατά τις δοκιμές τόσο η βαθμονομημένη μηχανή όσο και η μηχανή υπό εξέταση λειτουργούν με την ονομαστική της ταχύτητα. Γίνονται δοκιμές: σε πλήρες φορτίο, μερικό φορτίο, κενό φορτίο, χωρίς διέγερση, με και χωρίς ψήκτρες, χωρίς φορτίο διέγερσης, βραχυκυκλώματος. Όταν η μηχανή υπό εξέταση φτάσει σε θερμική ισορροπία σε κάθε περίπτωση σημειώνονται οι παρακάτω τιμές:

Για την βαθμονομημένη μηχανή:

P_1 : ισχύς εισόδου

U_1 : τάση εισόδου

I_1 : ρεύμα εισόδου

q_{1C} : θερμοκρασία ψυκτικού μέσου (αέρα) στην είσοδο

q_{1W} : θερμοκρασία τυλιγμάτων

n_1 : ταχύτητα

Για τη μηχανή υπό έλεγχο (σαν γεννήτρια):

P_2 : ισχύς εξόδου

U_2 : τάση εξόδου

I_2 : ρεύμα φορτίου

q_{2W} : θερμοκρασία τυλιγμάτων

n_2 : ταχύτητα

Για την υπό έλεγχο μηχανή χωρίς φορτίο (σαν γεννήτρια):

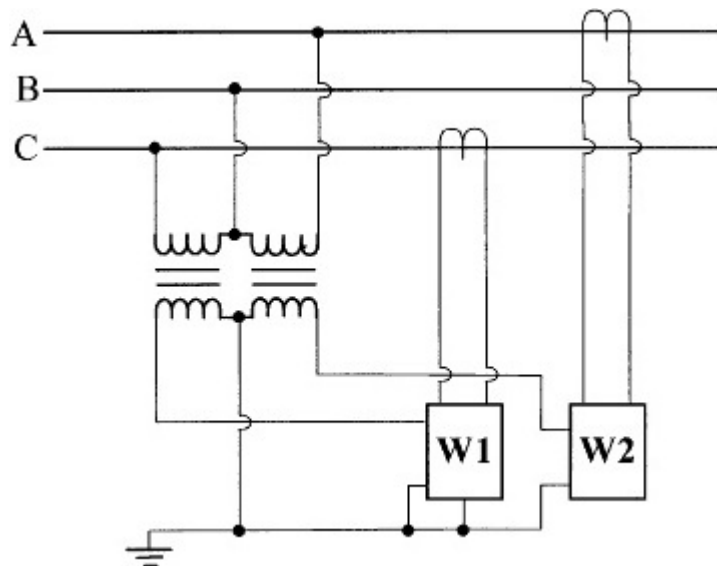
U_2 : τάση τυμπάνου (με διέγερση ανοιχτοκυκλωμένη)

I_2 : ρεύμα τυμπάνου (με διέγερση βραχυκυκλωμένη)

q_{2W} : θερμοκρασία τυλιγμάτων (μετρημένη απ'ευθείας με ETDs ή με μεταβολή της αντίστασης)

n_2 : ταχύτητα

Συνήθως η ισχύς εισόδου P_{in} μετράται με τη μέθοδο των δύο βατομέτρων όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.2, όπου φαίνεται η σύνδεση σε μια τριφασική παροχή και η συνολική ισχύς εισόδου είναι το άθροισμα των δύο βατομέτρων.



Εικ. 3.2: Μέτρηση ισχύς εισόδου μιας μηχανής με τη μέθοδο των βατομέτρων [16]

Στη συνέχεια σταματούν οι μηχανές και γίνονται μετρήσεις για τις αντιστάσεις των τυλιγμάτων και των δύο μηχανών. Τέλος αποσυνδέονται οι μηχανές και επαναλαμβάνονται οι μετρήσεις μόνο για τη βαθμονομημένη μηχανή χωρίς να έχει κάποια ηλεκτρική σύνδεση με τη μηχανή υπό έλεγχο.

3.1.2. Καθορισμός απόδοσης

Με βάση τις καμπύλες που έχουν διαμορφωθεί για τη βαθμονομημένη μηχανή καθορίζεται η αναμενόμενη ισχύς εξόδου της μηχανής υπό έλεγχο.

Θεωρώντας ότι η μηχανή υπό έλεγχο λειτουργεί σαν γεννήτρια και η βαθμονομημένη μηχανή σαν κινητήρας, η απόδοση καθορίζεται από τον τύπο:

$$h = \frac{P_2}{P_1} \quad (3.9)$$

P_2 : ισχύς εξόδου της υπό έλεγχο γεννήτριας

P_1 : μετρήσιμη ισχύς εισόδου της γεννήτριας

Θεωρώντας το αντίστροφο ότι δηλαδή η μηχανή υπό έλεγχο λειτουργεί σαν κινητήρας και η βαθμονομημένη μηχανή σαν γεννήτρια, η απόδοση καθορίζεται από τον ίδιο τύπο, αλλά:

P_2 : μετρήσιμη ισχύς εξόδου του υπό έλεγχο κινητήρα

P_1 : ισχύς εισόδου του κινητήρα [30]

3.1.3. Κατανεμημένες απώλειες

Χρησιμοποιώντας τιμές της ισχύος P από την καμπύλη της βαθμονομημένης μηχανής μπορούμε να προσδιορίσουμε την ισχύ που χάνεται από την προς έλεγχο μηχανή από άλλες αιτίες και οι τιμές να χρησιμοποιηθούν για να προσδιορίσουν την αποδοτικότητα, όπως:

- Απώλειες τριβών και αερισμού στην ονομαστική ταχύτητα (όταν η υπό εξέταση μηχανή δεν είναι ηλεκτρικά συνδεδεμένη κάπου).
- Πραγματικές απώλειες σιδήρου και πρόσθετες απώλειες ανοιχτοκυκλώματος στις D.C. και στις Σύγχρονες Μηχανές (από τη δοκιμή χωρίς φορτίο, σε ανοιχτοκύκλωμα, με την ονομαστική τάση διέγερσης μείον τις απώλειες τριβών και αερισμού). Οι απώλειες του μαγνητικού πεδίου μελετώνται με ανεξάρτητη πηγή
- Απώλειες των τυλιγμάτων και οι απώλειες πρόσθετων φορτίων σε σύγχρονες μηχανές (από τη δοκιμή σε συνθήκες βραχυκύκλωσης, με διέγερση που αντιστοιχεί στο ονομαστικό ρεύμα τυλίγματος στάτη μείον τις απώλειες τυλιγμάτων και τριβών). Οι απώλειες του μαγνητικού πεδίου μελετώνται με ανεξάρτητη πηγή

3.2. Μέθοδος επιβράδυνσης

3.2.1. Γενικά

Η μέθοδος επιβράδυνσης χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει τις κατανεμημένες (ξεχωριστές) απώλειες στις στρεφόμενες ηλεκτρικές μηχανές, με υπολογίσιμη ροπή ροπή αδράνειας. Συγκεκριμένα μπορεί να καθορίσει:

- Τις μηχανικές απώλειες (απώλειες τριβών και αερισμού) σε όλων των ειδών τις μηχανές
- Τις πραγματικές απώλειες σιδήρου και τις προσθετικές απώλειες ανοιχτοκυκλώματος στις D.C. και στις σύγχρονες μηχανές
- Τις ηλεκτρικές απώλειες σε ένα τύλιγμα (I^2R) και τις προσθετικές απώλειες φορτίου (απώλειες βραχυκυκλώματος) στις σύγχρονες μηχανές

Οι «καταγεγραμμένες» απώλειες της δοκιμής P_t που επιβραδύνουν τη μηχανή είναι ανάλογες της ταχύτητας στην οποία οι απώλειες προσδιορίζονται και της επιβράδυνσης στην ταχύτητα αυτή. Ο μαθηματικός τύπος είναι:

$$P_t = -Cn \frac{dn}{dt} \quad (3.10)$$

P_t : ισχύς απωλειών

C : σταθερά επιβράδυνσης

n : ταχύτητα

dn/dt : επιβράδυνση

Να σημειωθεί ότι οι απώλειες που μελετούνται οφείλονται μόνο στη ροπή του δρομέα, του βασικού περιστρεφόμενου μέρους της μηχανής. Οπότε στην περίπτωση που η μηχανή υπό εξέταση διαθέτει και άλλα περιστρεφόμενα μέρη, συνίσταται να αφαιρούνται αλλιώς να γίνουν ξεχωριστές μετρήσεις για τις απώλειες αυτών των κομματιών.

Η μηχανή υπό έλεγχο συνδέεται σαν κινητήρας με τροφοδοσία ανεξάρτητης ηλεκτρικής πηγής. Οι θερμοκρασίες των εδράνων της μηχανής και του περιβάλλοντος αέρα ρυθμίζονται στις κανονικές τιμές, στις τιμές που μπορούν να μετρηθούν οι απώλειες.

Η μέθοδος επιβράδυνσης απαιτεί δοκιμές ανοιχτοκυκλώματος και βραχυκυκλώματος. Το πιο σημαντικό είναι η επιλογή του συντελεστή d , που ορίζεται σαν η ανά μονάδα απόκλιση της περιστροφικής ταχύτητας της μηχανής από την ονομαστική της ταχύτητα. Η τιμή του συντελεστή d καθορίζεται από τα χαρακτηριστικά της μηχανής και μπορεί η τιμή του να είναι μέχρι 0,1. [30]

3.2.2. Διαδικασία δοκιμών

Οι δοκιμές γίνονται με τον εξής τρόπο:

- Όταν η μηχανή υπό έλεγχο φτάσει την ονομαστική ταχύτητα περιστροφής της, τότε επιταχύνεται γρήγορα να φτάσει σε μια ταχύτητα πάνω από τη $n_N(1+d)$.

- Στη συνέχεια αποσυνδέεται η μηχανή από την τροφοδοσία της και ξεκινούν οι μετρήσεις μετά από ορισμένο χρονικό διάστημα, για να εξασθενήσουν οι προσωρινές ηλεκτρομαγνητικές απώλειες.
- Γίνονται μετρήσεις κατά την επιβράδυνση μέχρι τη στιγμή που η ταχύτητα της μηχανής είναι $n_N(1-d)$.
- Κατά τις δοκιμές κρατούνται οι τιμές των τάσεων και των ρευμάτων, ακριβώς τη στιγμή που η μηχανή ξεπερνά την ονομαστική της ταχύτητα. Σκοπός είναι να προσδιοριστούν σε όλες τις δοκιμές τα σημεία $n_N(1+d)$ και $n_N(1-d)$. Για όλες τις δοκιμές μετρούνται τα εξής:
 n : ταχύτητα συναρτήσει του χρόνου t (όταν το κύκλωμα του οπλισμού είναι βραχυκυκλωμένο)
 q_{\dots} : θερμοκρασία τυλιγμάτων (είτε απευθείας είτε μετρώντας τις αντιστάσεις)
 q_a : θερμοκρασίες εισόδου / εξόδου του βασικού ψυκτικού μέσου
- Η "**ροπή αδράνειας**" (moment of inertia), ή διαφορετικά περιστροφική αδράνεια, ή γωνιακή αδράνεια (μονάδες μέτρησης κατά SI είναι $\text{kg}\cdot\text{m}^2$), είναι η μέτρηση της αντίστασης ενός αντικειμένου να αλλάξει τη φορά περιστροφής του. Είναι η αδράνεια του περιστρεφόμενου σώματος σε σχέση με τη φορά περιστροφής του. Συμβολίζεται με I ή J . Η τιμή της ροπής της αδράνειας είναι πολύ σημαντική στην επιλογή της κατάλληλης μηχανής, ειδικά όταν απαιτούνται πολλές εκκινήσεις και διακοπές της μηχανής ή απαιτείται πολύ καλός έλεγχος της ταχύτητας.
- Στην περίπτωση που είναι γνωστή η τιμή της αδράνειας γίνονται οι δοκιμές της μηχανής χωρίς εξωτερική διέγερση, δοκιμές ανοιχτοκυκλώματος με διέγερση στην ονομαστική τάση της μηχανής και δοκιμές βραχυκυκλώματος με διέγερση στο ονομαστικό ρεύμα.

- Στην περίπτωση που δεν είναι γνωστή η στιγμή της αδράνειας, συνδέεται η μηχανή σε έναν μετασχηματιστή (που προηγουμένως έχει τοποθετηθεί σε συνθήκες λειτουργίας σε κενό φορτίο) και γίνονται δοκιμές ανοιχτοκυκλώματος και βραχυκυκλώματος εν κενό και οι ίδιες δοκιμές σε προκαθορισμένο φορτίο. Αναλυτικότερα, τη στιγμή που αποσυνδέεται η τροφοδοσία (μετά από ένα ορισμένο χρονικό διάστημα για να εξασθενήσουν οι προσωρινές ηλεκτρομαγνητικές απώλειες), συνδέεται η μηχανή σε ένα μετασχηματιστή. Οπότε στο πρωτεύον του μετασχηματιστή συνδέεται η μηχανή και στην άλλη πλευρά του μετασχηματιστή θα γίνουν οι μετρήσεις, όταν δηλαδή το δευτερεύον είναι βραχυκυκλωμένο και ανοιχτοκυκλωμένο.
- Κάθε δοκιμή επιβράδυνσης πρέπει να επαναλαμβάνεται τουλάχιστον δύο φορές.
- Συνολικά γίνονται 6 δοκιμές επιβράδυνσης. Η πρώτη δοκιμή είναι λειτουργία χωρίς διέγερση, η δεύτερη δοκιμή είναι ανοιχτού κυκλώματος στη μηχανή, η τρίτη δοκιμή για τις σύγχρονες μηχανές με ρεύμα οπλισμού, η τέταρτη δοκιμή με μετασχηματιστή σε ανοιχτό κύκλωμα, η πέμπτη δοκιμή με μετασχηματιστή σε βραχυκύκλωμα και η έκτη δοκιμή με βοηθητικό κύκλωμα διέγερσης.
- Κατά τις δοκιμές, ανάλογα την περίπτωση, μετρώνται τα εξής:
 P_2 : ισχύς κατά την αρχική λειτουργία στη ονομαστική τάση
 U_2 : τάση ανοιχτοκυκλώματος
 I_a : ρεύμα οπλισμού (στις σύγχρονες μηχανές)
 P_4 : απώλειες μετασχηματιστή σε κενό φορτίο
 U_4 : τάση ανοιχτοκυκλώματος
 P_5 : απώλειες μετασχηματιστή στο βραχυκύκλωμα
 P_6 : ισχύς διέγερσης

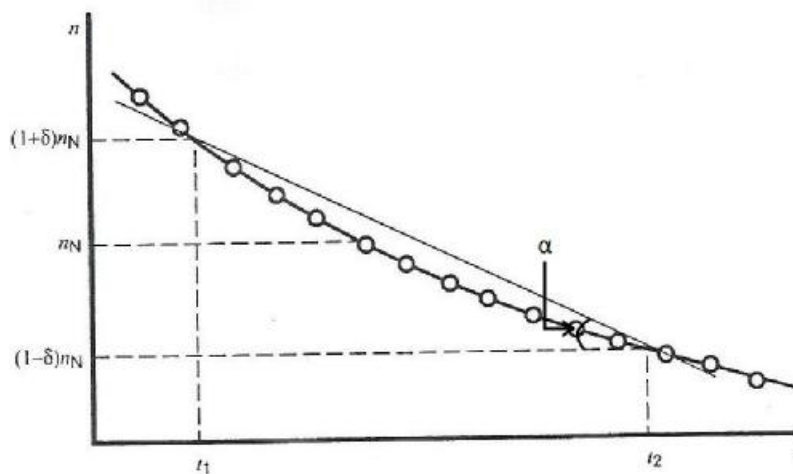
3.2.3. Καθορισμός επιβράδυνσης

Η μηχανή όπως αναφέρθηκε στην αρχή επιταχύνει για τιμές πάνω από $n_N(1+d)$. Στη συνέχεια μόλις περάσει την τιμή αυτή, αποσυνδέεται η τροφοδοσία και η μηχανή αρχίζει και επιβραδύνεται. Στην διάρκεια της επιβράδυνσης μέχρι την τιμή της ταχύτητας $n_N(1-d)$, γίνονται διάφορες δοκιμές. Για την εύρεση της επιβράδυνσης, πρέπει να βρεθεί το χρονικό διάστημα $t_2 - t_1$, όπου η ταχύτητα μεταβάλλεται από την αρχική τιμή $n_N(1+d)$ έως την τελική τιμή $n_N(1-d)$.

Οπότε για το χρονικό διάστημα $\Delta t = t_2 - t_1$, η μεταβολή της ταχύτητα θα είναι $\Delta n = n_1 - n_2 = n_N - dn_N - n_N - dn_N = -2dn_N$, το αρνητικό πρόσημο δείχνει την επιβράδυνση.

$$a = \frac{dn}{dt} \approx \frac{-2dn_N}{t_2 - t_1} \quad (3.11)$$

Διαγραμματικά αυτό φαίνεται στην Εικόνα 3.3, στον οριζόντιο άξονα έχει τοποθετηθεί ο χρόνος και στον κάθετο άξονα η ταχύτητα. Με την πάροδο του χρόνου η μηχανή επιβραδύνεται, όπου η επιβράδυνση a είναι η κλίση της ευθείας που συνδέει τα σημεία $(t_1, n_N(1+d))$ και $(t_2, n_N(1-d))$ και δ είναι η ανά μονάδα απόκλιση της ταχύτητας περιστροφής προς την ονομαστική ταχύτητα της μηχανής.



Εικ 3.3: Το διάγραμμα για την εύρεση της επιβράδυνσης (IEC 448/10)

3.2.4. Καθορισμός σταθεράς επιβράδυνσης

Εάν είναι γνωστή η τιμή της αδράνειας είτε από προηγούμενες μετρήσεις είτε δίνεται από τον κατασκευαστή τότε η μεταβλητή C από τον τύπο (3.10) για την εύρεση των απωλειών παίρνει την τιμή:

$$C = \frac{4p^2 J}{60^2} = 10.97 * 10^{-3} J \quad (3.12)$$

με J συμβολίζεται η ροπή της αδράνειας σε Kg.m^2

Στην περίπτωση που η ροπή της αδράνειας δεν δίνεται τότε η σταθερά επιβράδυνσης μπορεί να βρεθεί από τις δοκιμές που αναλύθηκαν προηγουμένως. Δηλαδή:

- Δοκιμή σαν κινητήρας εν κενό

Στην περίπτωση αυτή η ισχύς εισόδου της προς έλεγχο μηχανής είναι ίση με το άθροισμα των μηχανικών απωλειών P_{fw} των απωλειών σιδήρου P_{fe} (ηλεκτρικές απώλειες των τυλιγμάτων $I^2 R$ αγνοούνται). Οπότε ο τύπος (3.10) διαμορφώνεται ως εξής:

$$C = - \frac{P_{fw} + P_{Fe}}{n_N \frac{dn}{dt}} \Bigg|_{\Delta\text{ΟΚΙΜΗ_ΚΙΝΗΤΗΡΑ_ΕΝ_ΚΕΝΟ}} \quad (3.13)$$

Να σημειωθεί ότι η επιβράδυνση $\frac{dn}{dt}$ μετράται όπως φαίνεται στην παράγραφο

3.2.3. στη δοκιμή ανοιχτοκυκλώματος.

- Δοκιμή με επιβράδυνση ανοιχτού κυκλώματος στο μετασχηματιστή

Σε αυτήν την περίπτωση υπάρχουν πέρα από τις σταθερές απώλειες σιδήρου και τριβών, και οι απώλειες του μετασχηματιστή χωρίς φορτίο σε ανοιχτό κύκλωμα. Από

τη στιγμή που είναι ανοιχτό το δευτερεύον του μετασχηματιστή, οι ηλεκτρικές απώλειες του φορτίου I^2R αγνοούνται. Δηλαδή ο τύπος (3.10) έχει τη μορφή:

$$C = - \frac{P_{fw} + P_{Fe} + P_4}{n_N \frac{dn}{dt}} \Bigg|_{\substack{\Delta\text{ΟΚΙΜΗ_ΑΝΟΙΧΤΟΥ_} \\ \text{ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ_ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ}}} \quad (3.14)$$

- Δοκιμή με επιβράδυνση βραχυκυκλώματος στο μετασχηματιστή
Σε αυτήν την περίπτωση υπάρχουν πέρα από τις σταθερές απώλειες σιδήρου και οι απώλειες του βραχυκυκλωμένου μετασχηματιστή. Επίσης από τη στιγμή που υπάρχει ρεύμα στον οπλισμό της μηχανής (δρομέα), υπάρχουν και οι αντίστοιχες ηλεκτρικές απώλειες. Δηλαδή ο τύπος (3.10) έχει τη μορφή:

$$C = - \frac{P_{fw} + P_{sc} + P_5}{n_N \frac{dn}{dt}} \Bigg|_{\substack{\Delta\text{ΟΚΙΜΗ_ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ} \\ \text{ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ}}} \quad (3.15)$$

- Δοκιμές επιβράδυνσης με βοηθητικό κύκλωμα διέγερσης
Η μηχανή επιβραδύνεται με βοηθητική διέγερση που συνδέεται στη μηχανή μέσω μπαλάστ. Οι απώλειες αποτελούνται από τις μηχανικές απώλειες τριβής και τις απώλειες από την αντίστοιχη δοκιμή. Δηλαδή ο τύπος (3.10) έχει τη μορφή:

$$C = - \frac{P_{fw} + P_6}{n_N \frac{dn}{dt}} \Bigg|_{\substack{\Delta\text{ΟΚΙΜΗ_ΜΕ_ΒΟΗΘΗΤΙΚΟ} \\ \text{ΚΥΚΛΩΜΑ_ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ}}} \quad (3.16)$$

3.2.5. Καθορισμός απωλειών

Γενικά οι απώλειες που επιβραδύνουν μια μηχανή δίνονται από τον τύπο:

$$P_t = -Cn \frac{dn}{dt} \quad (3.10)$$

P_t : ισχύς απωλειών σε W

C : σταθερά επιβράδυνσης

n : ταχύτητα σε min^{-1}

dn/dt : επιβράδυνση

Οι μηχανικές απώλειες τριβής και αντίστασης του αέρα P_{fw} μπορούν να βρεθούν μέσα από τις δοκιμές και συγκεκριμένα από την πρώτη δοκιμή χωρίς διέγερση στις ονομαστικές τιμές της μηχανής. Τότε $P_{fw} = -Cn \frac{dn}{dt}$ (3.11)

Αντίστοιχα οι απώλειες σιδήρου μπορούν να βρεθούν από τη δεύτερη δοκιμή που είναι η μηχανή σε ανοιχτό κύκλωμα. Έτσι $P_{Fe} = -Cn \frac{dn}{dt} - P_{fw}$ (3.12)

Οι απώλειες βραχυκυκλώματος δίνονται από τις μετρήσεις της τρίτης δοκιμής με ρεύμα στο δρομέα (για σύγχρονες μηχανές) και αντίστοιχα είναι: $P_{sc} = -Cn \frac{dn}{dt} - P_{fw}$ (3.13)

Επίσης η απώλεια των εδράνων μπορεί να βρεθεί είτε από εμπειρικούς τύπους είτε αποτελεί ένα τμήμα των μηχανικών απωλειών που μοιράζονται σε όλα τα περιστρεφόμενα μέρη της μηχανής, ανάλογα με τη ψύξη της μηχανής.

Τέλος οι ηλεκτρικές απώλειες του δρομέα είναι διαφορετικές από τις συνολικές ηλεκτρικές απώλειες. [30]

3.3. Μέθοδος Θερμιδομέτρησης

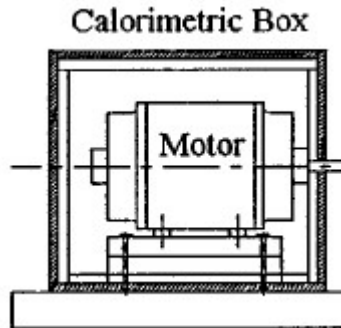
3.3.1. Γενικά

Η μέθοδος της θερμιδομέτρησης είναι πολύ γνωστή και βασίζεται στη μέτρηση της θερμότητας/θερμικής ενέργειας που προκαλείται από διάφορες αλλαγές. Έτσι χρησιμοποιείται και για την εύρεση των απωλειών σε μεγάλες ηλεκτρικές μηχανές. Συγκεκριμένα βασίζεται στην αύξηση της θερμοκρασίας που ψυκτικού μέσου της μηχανής και στη θερμότητα που διαχέεται στον περιβάλλοντα χώρο. Η μέθοδος της θερμιδομέτρησης θεωρείται από τις πιο ακριβής μεθόδους μέτρησης απωλειών γιατί μετρώνται απευθείας οι απώλειες μέσω της αύξησης της θερμοκρασίας που προκαλούν. Στο παρελθόν η μέθοδος αυτή χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση των απωλειών σε μεγάλες γεννήτριες που η περισσότερη θερμότητα μεταφέρεται μέσω του ψυκτικού μέσου, που ήταν κυρίως υδρογόνο ή / και καθαρό νερό. [15]

Συνεπώς υπάρχουν δύο ειδών απώλειες, αυτές που είναι εντός της μηχανής και αυτές στο εξωτερικό της μηχανής:

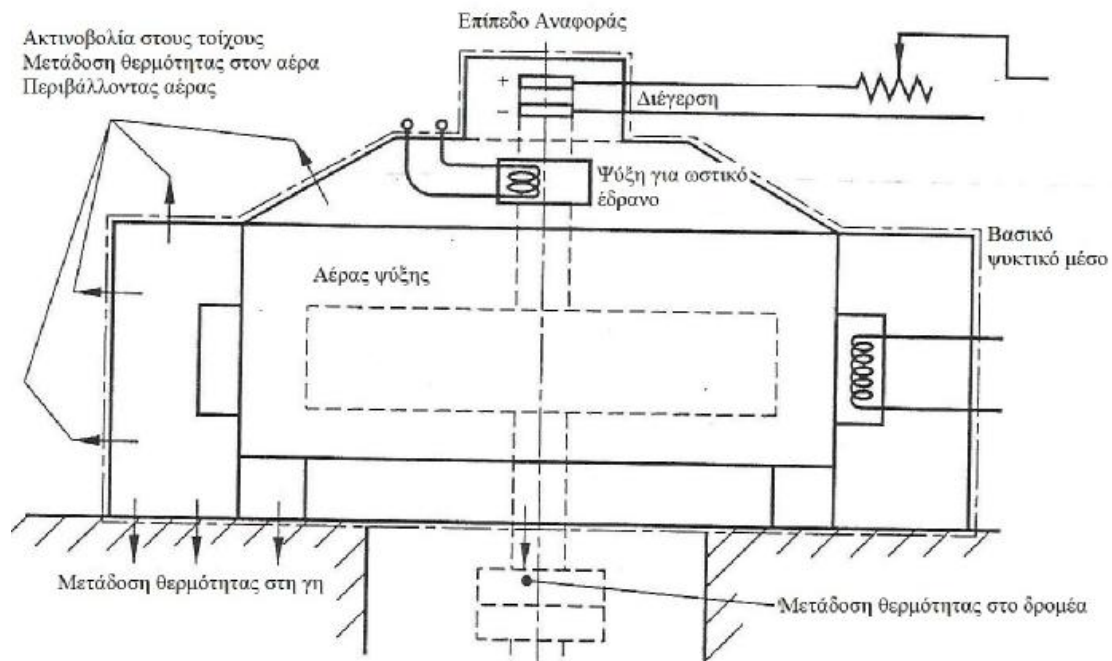
- Οι απώλειες στο εσωτερικό της μηχανής, ή στο εσωτερικό του επιπέδου αναφοράς και συμβολίζονται με P_{irs} (irs: inside reference surface). Οι εσωτερικές απώλειες αποτελούνται από τις απώλειες που μπορούν να μετρηθούν με τη μέθοδο της θερμιδομέτρησης και συμβολίζονται με $P_{irs,1}$ και αυτές που διαφεύγουν από το εσωτερικό της μηχανής στο εξωτερικό περιβάλλοντα χώρο εξαιτίας διαρροών, ακτινοβολίας και αγωγιμότητας και συμβολίζονται με $P_{irs,2}$
- Οι απώλειες στο εξωτερικό της μηχανής, ή στο εξωτερικό του επιπέδου αναφοράς, που μπορεί να είναι εξωτερικά τυλίγματα, εξωτερικοί κινητήρες για ψύξη με νερό και κυκλώματα εξωτερικής διέγερσης. Συμβολίζονται με P_{ers} (ers: external reference surface)

Οι μετρήσεις γίνονται μέσα στην πειραματική διάταξη όπως φαίνονται στην Εικόνα 3.4 και με μεγαλύτερη λεπτομέρεια παρακάτω.



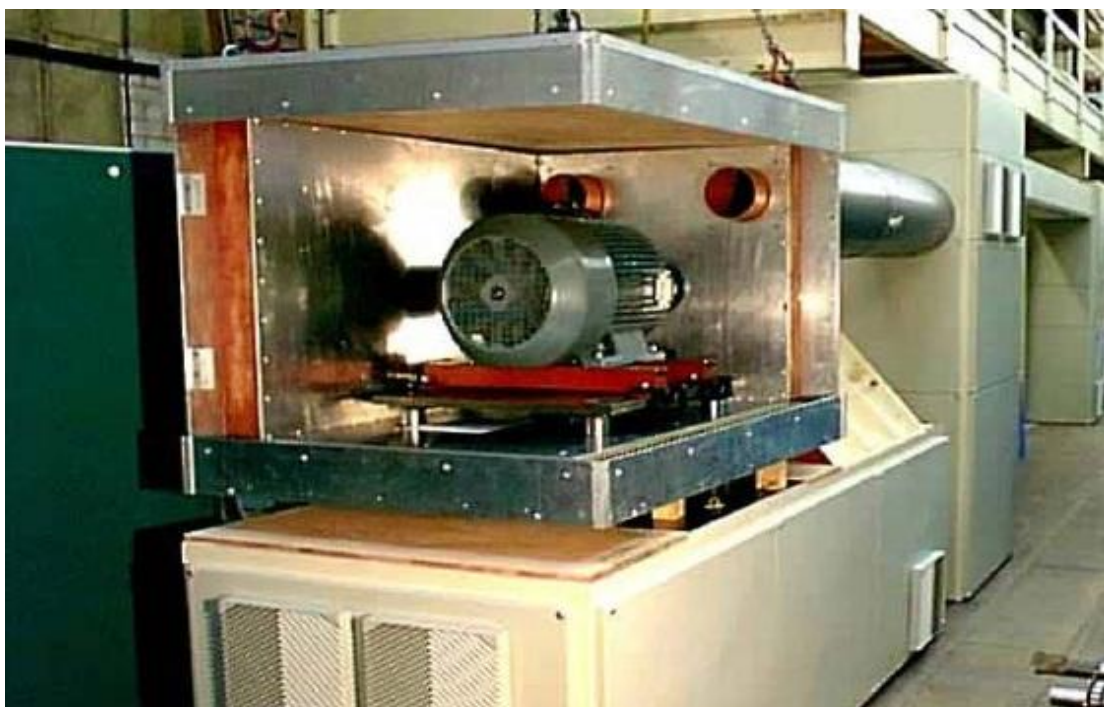
Εικ.3.4: Η πειραματική διάταξη για την θερμοδομέτρηση [14]

Στην εικόνα 3.5 φαίνονται οι απώλειες μέσω θερμοδομέτρησης. Το επίπεδο αναφοράς είναι μια νοητή επιφάνεια γύρω από τη μηχανή που εσωκλείει όλες τις απώλειες που παράγονται εντός μηχανής. Επίσης φαίνονται και η θερμότητα/απώλειες που διαφεύγουν στο εξωτερικό της μηχανής.



Εικ. 3.5: Οι εσωτερικές απώλειες μια μηχανής (IEC 449/10)

Στις δοκιμές με τη μέθοδο της θερμιδομέτρησης χωρίζεται νοητά η μηχανή σε 10 με 15 περίπου υποσυστήματα και το κάθε υποσύστημα αναλύεται στην περιοχή μέτρησης και το επίπεδο αναφοράς και γίνονται οι αντίστοιχες μετρήσεις. Πρακτικά στην Εικόνα 3.6 φαίνεται το κουτί που εσωκλείει τη μηχανή υπό εξέταση.



Εικ 3.6: Εξωτερική όψη της πειραματικής διάταξης για τη θερμιδομέτρηση [17]

3.3.2. Μέτρηση θερμότητας

Για τη μέτρηση της θερμότητας υπάρχουν πολλές μέθοδοι. Στις συγκεκριμένες δοκιμές χρησιμοποιούνται οι μετρητές ροής, οι ανιχνευτές θερμότητας και η ψύξη.

Μετρητές ροής (flowmeters)

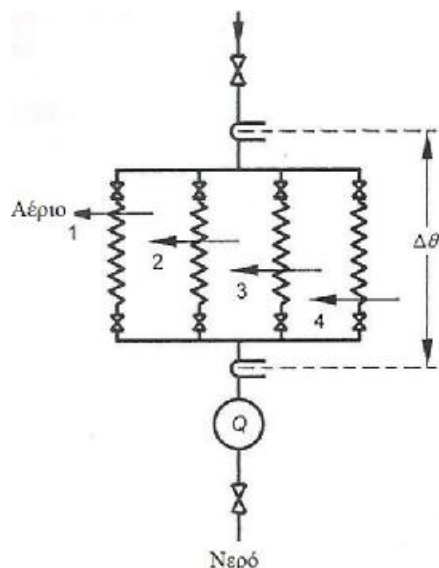
Οι μετρητές ροής θεωρούνται από τις πιο αξιόπιστες μεθόδους μέτρησης θερμότητας. Οι μετρητές πρέπει να έχουν ρυθμιστεί πριν από κάθε δοκιμή στις κατάλληλες συνθήκες. Επίσης τοποθετούνται ανάλογα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Από τους μετρητές ροής κρατούνται οι μέσες τιμές από τουλάχιστον 20 μετρήσεις, διάρκειας 5 λεπτών η κάθε μία.

Ανιχνευτές Θερμότητας

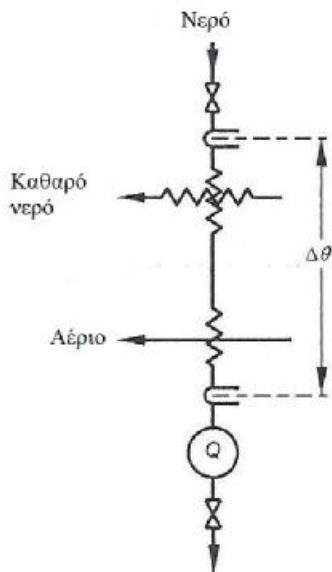
Οι ανιχνευτές θερμότητας τοποθετούνται κατευθείαν στο υγρό ψυκτικό μέσο. Πριν από κάθε δοκιμή γίνεται και σε αυτήν την περίπτωση βαθμονόμηση. Επιπλέον, οι ανιχνευτές θερμότητας πρέπει να τοποθετούνται μακριά από την επιφάνεια αναφοράς της ηλεκτρικής μηχανής, ώστε οι σωλήνες με το ψυκτικό υγρό εντός της μηχανής να μην έχουν απώλειες προς το εξωτερικό της.

Ψύκτες

Ανάλογα με το ψυκτικό μέσο που έχει η μηχανή πρέπει να τοποθετούνται και οι αντίστοιχες διατάξεις μέτρησης θερμότητας. Ακόμα και αν υπάρχει μόνο ένα ψυκτικό μέσο, απαιτούνται τουλάχιστον δύο θερμοδότερα: ένα για το λάδι των κινητών μερών της μηχανής και ένα για το ψυκτικό μέσο είτε αυτό είναι υγρό είτε αέριο. Στην περίπτωση που υπάρχουν δύο ψυκτικά μέσα: καθαρό νερό και υδρογόνο, απαιτούνται ένα ή περισσότερα θερμοδότερα ανάλογα με τη σύνδεση των ψυκτικών μέσων. Για παράδειγμα στην Εικόνα 3.7 φαίνονται τέσσερις συσκευές ψύξης σε νερό συνδεδεμένες παράλληλα, ενώ στην Εικόνα 3.8 η σύνδεση σε σειρά ψύξης αερίου με νερό για παράλληλη ψύξη. Με Q συμβολίζονται οι προβλεπόμενες απώλειες που καθορίζονται από τη ροή του νερού, και μετρούνται με τους μετρητές ροής, ενώ οι απώλειες από τη διαφορά θερμοκρασίας $\Delta\theta$, καθορίζονται από τους ανιχνευτές θερμότητας. [30]

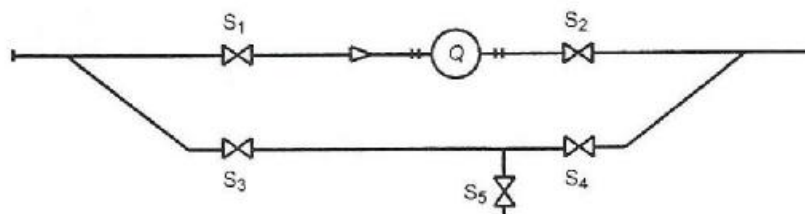


Εικ. 3.7: Ένα ψυκτικό μέσο με τέσσερις συσκευές ψύξης συνδεδεμένες παράλληλα ώστε να μετρούνται με ένα θερμοδόμετρο (IEC 450/10)



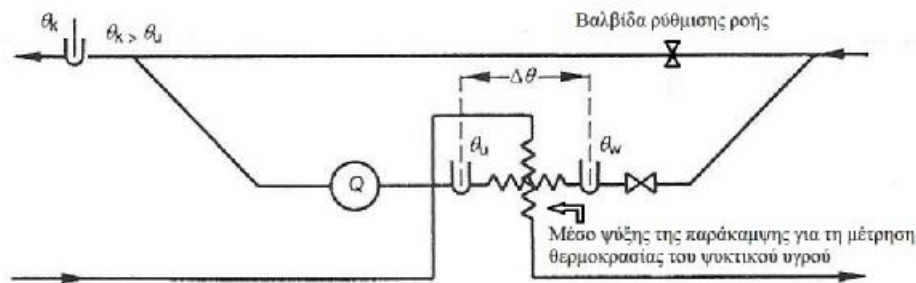
Εικ. 3.8: Δύο ψυκτικά μέσα με συσκευές ψύξης συνδεδεμένες σε σειρά ώστε να μετρούνται με ένα θερμιδόμετρο (IEC 451/10)

Συνήθως οι διατάξεις για τη θερμιδομέτρηση είναι μόνιμες επάνω στους σωλήνες ώστε να μην απαιτείται επανεγκατάσταση κάθε φορά που χρειάζονται μετρήσεις. Στην περίπτωση του μετρητή ροής, αυτός τοποθετείται όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.9 όπου με S1, S2, S3, S4 και S5 ονομάζονται οι βαλβίδες επάνω στους αντίστοιχους σωλήνες που περνά το ψυκτικό υγρό. Με Q συμβολίζεται ο μετρητής ροής, ο οποίος πρέπει να τοποθετείται σε απόσταση 10 φορές μεγαλύτερη ή ίση της διαμέτρου του σωλήνα από τη βαλβίδα S1 σε απόσταση 5 φορές μεγαλύτερη ή ίση της διαμέτρου του σωλήνα από τη βαλβίδα S2. Η παράλληλη διαδρομή με τις βαλβίδες S3 και S4 τοποθετείται για την περίπτωση που απαιτείται η αφαίρεση του μετρητή ροής χωρίς να διακοπεί το κύκλωμα.



Εικ. 3.9: Μετρητής ροής με παράκαμψη (IEC 452/10)

Εάν η αύξηση της θερμοκρασίας είναι πολύ μικρή ή είναι ανέφικτο να μεταβληθεί η ροή του ψυκτικού μέσου, τότε απαιτείται όργανο με μεγαλύτερη ευαισθησία που τοποθετείται παράλληλα στο σωλήνα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.10, και κατά την μέτρηση των θερμοκρασιών κόβεται η ροή του βασικού κυκλώματος. Με q_w συμβολίζεται η υψηλή θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού και με q_u η χαμηλή θερμοκρασία του υγρού μετά το κύκλωμα ψύξης. Αφού το υγρό περάσει από την παράκαμψη για την μέτρηση της θερμοκρασίας του, συνεχίζει στο βασικό κύκλωμα με μια θερμοκρασία q_k , η οποία είναι μεγαλύτερη της q_u αφού το υγρό αναπτύσσει πάλι κάποια θερμοκρασία κατά την πορεία του.[30]



Εικ. 3.10: Μετρητής ροής παράλληλος στο κύκλωμα (IEC 453/10)

3.3.3. Καθορισμός απωλειών

Για κάθε συνθήκης λειτουργίας και αφού έχει επιτευχθεί η ευστάθεια στη θερμοκρασία λειτουργίας, ο τύπος για τις απώλειες για το κάθε κύκλωμα ψυκτικού υγρού είναι:

$$P_{irs,1} = c_p * Q * r * \Delta q \quad (3.14)$$

όπου,

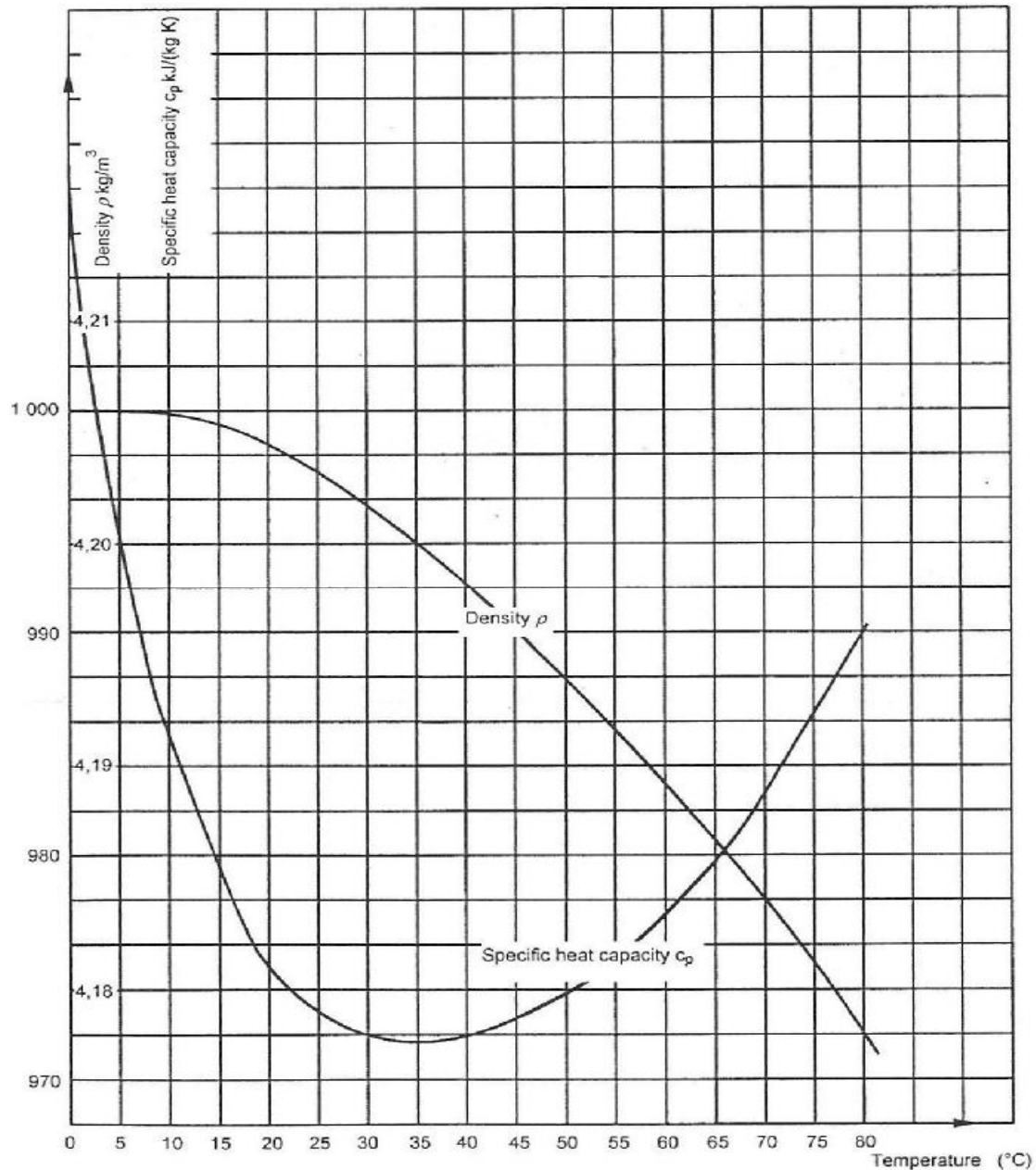
Q: όγκος ροής του ψυκτικού υγρού σε m^3 / s

Δθ: διαφορά θερμοκρασίας του ψυκτικού υγρού σε μία ώρα σε K

c_p : θερμοχωρητικότητα ψυκτικού μέσου σε συγκεκριμένη πίεση P και σε $\text{kJ}/(\text{kg}^*\text{K})$

ρ : πυκνότητα ψυκτικού μέσου σε kg/m^3 τη στιγμή της μέτρησης της ροής

Στην περίπτωση που το ψυκτικό μέσο είναι νερό είναι εκ των προτέρων γνωστές οι τιμές, που φαίνονται στην Εικόνα 3.11.



Εικ. 3.11: Χαρακτηριστικά καθαρού νερού συναρτήσει της θερμοκρασίας (IEC 454/10)

Απώλειες επιφάνειας αναφοράς

Οι απώλειες της επιφάνειας αναφοράς καθορίζονται από τον παρακάτω τύπο:

$$P_{irs,2} = h \times A \times \Delta q \quad (3.15)$$

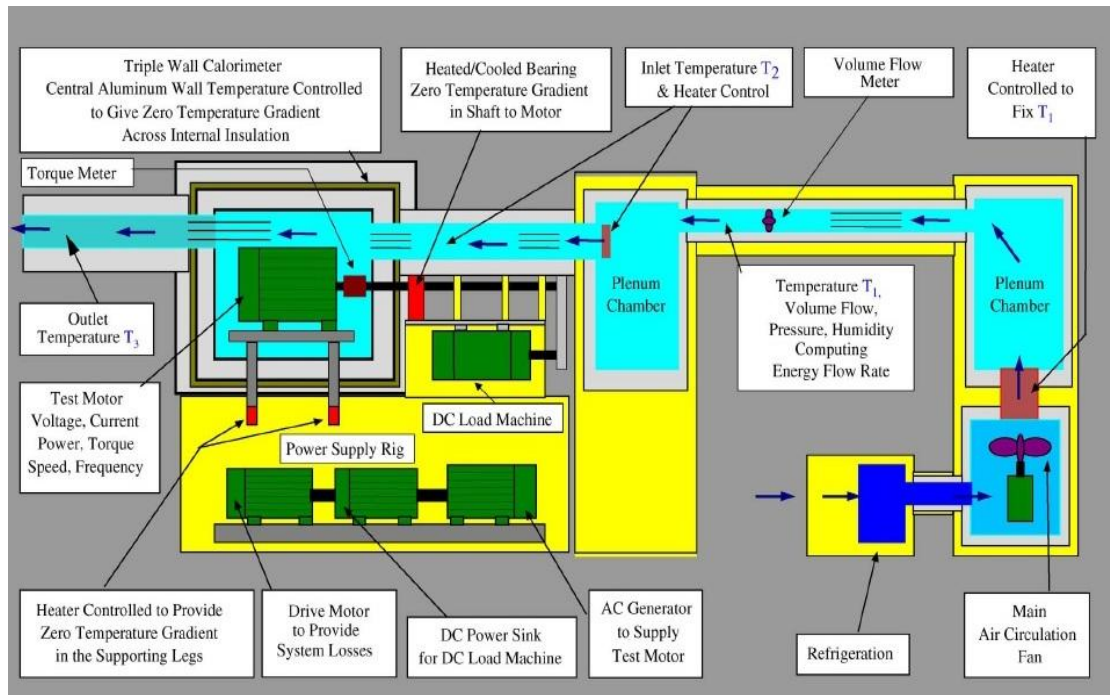
όπου,

$\Delta\theta$: διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του περιβάλλοντος αέρα και της μέσης τιμής στην επιφάνεια αναφοράς

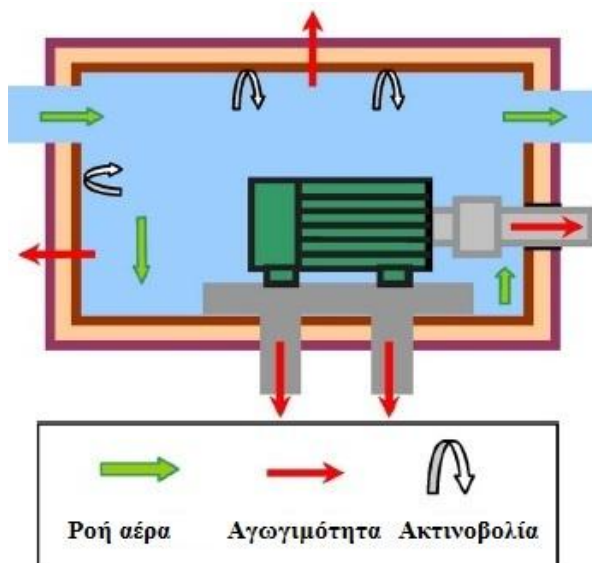
A: επιφάνεια της επιφάνειας αναφοράς γύρω από το σύστημα υπό μελέτη

h: συντελεστής μεταφοράς θερμότητας για απώλειες σε επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τον αέρα. Για τις εξωτερικές επιφάνειες ισχύει: $h = 11 + 3v[W/(m^2 K)]$, με v η ταχύτητα του αέρα σε m/s. Για εξωτερικές επιφάνειες αλλά μέσα στη μηχανή ισχύει ότι $h = 5 + 3v[W/(m^2 K)]$ με v την ταχύτητα του αέρα σαν ψυκτικό μέσο. Επιπλέον στην περίπτωση που η μετάδοση της θερμότητας γίνεται με φυσικό τρόπο, όχι εξαναγκαστικά, θεωρείται ότι ο συντελεστής παίρνει την τιμή $15[W/(m^2 K)]$. [30]

Για μεγαλύτερη ακρίβεια στη μέτρηση των απωλειών της επιφάνειας αναφοράς της μηχανής, κατασκευάζεται το σύστημα που φαίνεται στην Εικόνα 3.12 [17]. Φαίνεται η μηχανή υπό εξέταση που βρίσκεται μέσα στο κουτί θερμοδομέτρησης στα αριστερά της εικόνας. Η μηχανή συνδέεται με έναν DC κινητήρα σαν φορτίο. Επιλέγεται ο αέρας σαν εξωτερικό μέσο ψύξης και η ταχύτητα, η θερμοκρασία, η ροή και η πίεση καθορίζονται από τη διάταξη με τον ανεμιστήρα στα δεξιά της οθόνης. Υπάρχουν αισθητήρες κατά μήκος του συστήματος καθώς και απομονωμένες μηχανές για τη δημιουργία απωλειών και η AC γεννήτρια για την τροφοδοσία της μηχανής που εξετάζεται.



Εικ 3.12: Ολοκληρωμένο σύστημα θερμιδομέτρησης [17]



Εικ 3.13: Μεταφορά θερμότητας στο κουτί θερμιδομέτρησης [17]

Η μεταφορά θερμότητας που παρατηρείται μέσα στο κουτί της θερμιδομέτρησης φαίνεται στην Εικόνα 3.13. Η θερμοδυναμική μεταφορά της θερμότητας οφείλεται στην αγωγιμότητα, στην ακτινοβολία του πεδίου και στη ροή του αέρα.

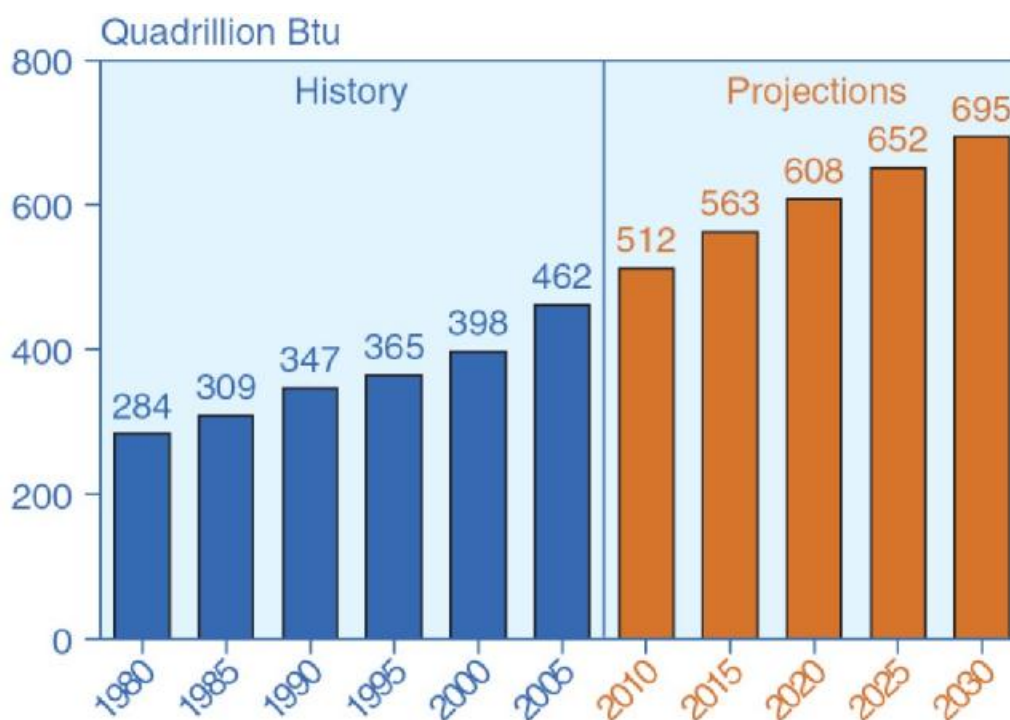
Οι εξωτερικές απώλειες P_{ers} μετρώνται ξεχωριστά και αποτελούνται από:

- Απώλειες τριβής στα τυλίγματα, όταν είναι ολόκληρα ή εν μέρει εκτός επιφάνειας αναφοράς
- Απώλειες διέγερσης και ψύκτρας, όταν έχουν ξεχωριστά κυκλώματα ψύξης εκτός βασικής μηχανής
- Απώλειες ροοστάτη στο βασικό κύκλωμα διέγερσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ ΜΕΓΑΛΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ

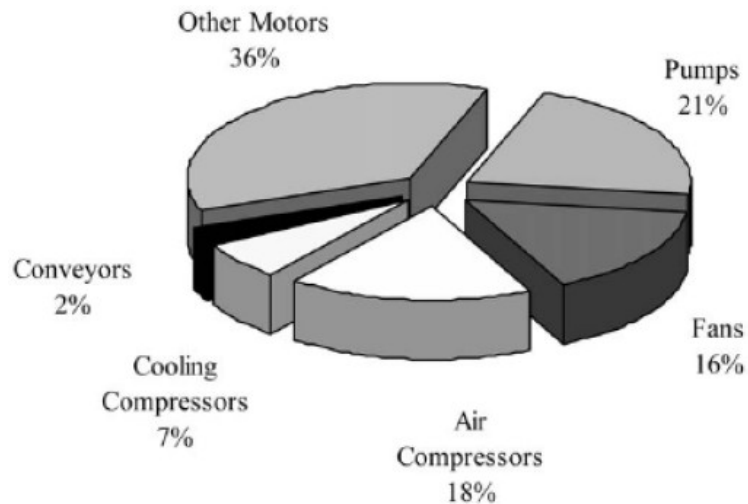
4.1. Γενικά

Οι ηλεκτρικές μηχανές σε βιομηχανικές εφαρμογές καταναλώνουν το 30 – 40% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας παγκοσμίως. Στην Ευρώπη οι ηλεκτρικές μηχανές είναι η πιο σημαντική μορφή φορτίου στη βιομηχανία, χρησιμοποιώντας το 70% της παραγόμενης ενέργειας [22]. Σε έρευνα που είχε γίνει το 2005 από το Ινστιτούτο OECD (Organization for Economic Co-operation and Development), προέκυψε ότι οι ανάγκες για ενέργεια αυξάνονται. Στην Εικόνα 3.1 φαίνεται η παγκόσμια απαίτηση σε ενέργεια μέχρι το 2030.

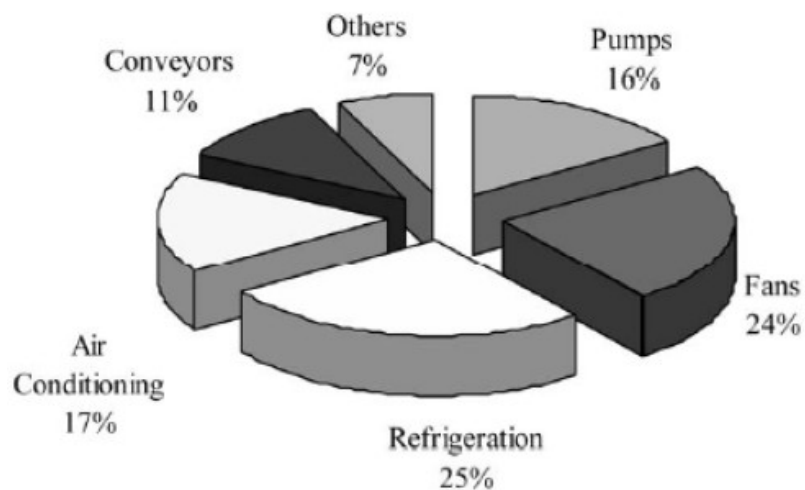


Εικ 4.1: Παγκόσμιες απαιτήσεις ενέργειας [21]

Στις Εικόνες 4.2 και 4.3 φαίνονται τα στατιστικά στοιχεία για τις ποσοστιαίες ενεργειακές καταναλώσεις ανά κατηγορία εφαρμογής κινητήριων συστημάτων στη βιομηχανία και στις υπηρεσίες για τις ευρωπαϊκές χώρες.

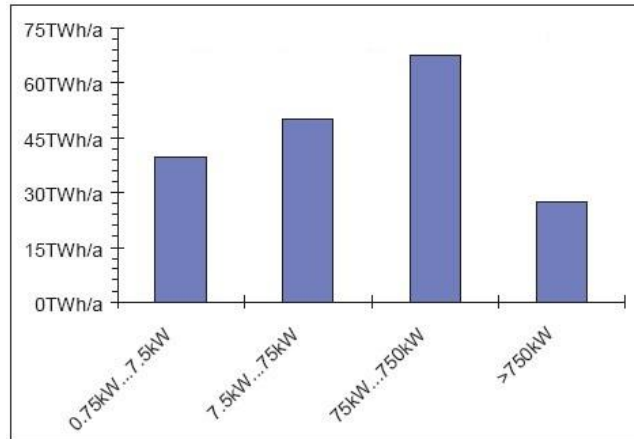


Εικ 4.2: Ποσοστιαία ενεργειακή κατανάλωση ανά κατηγορία εφαρμογής κινητήριων συστημάτων στη βιομηχανία για τις ευρωπαϊκές χώρες [19].



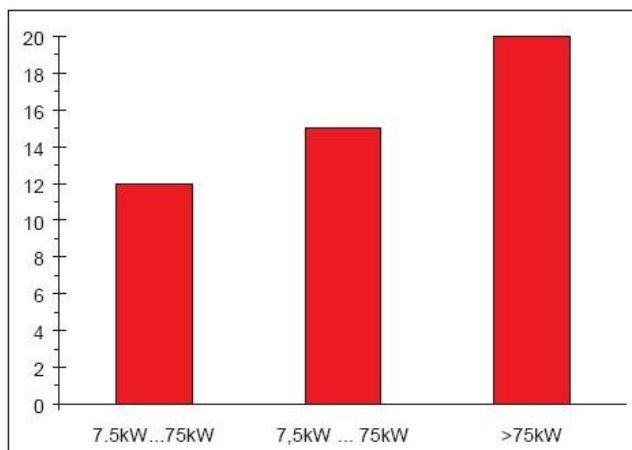
Εικ 4.3: Ποσοστιαία ενεργειακή κατανάλωση κατηγορία εφαρμογής κινητήριων συστημάτων στον τομέα των υπηρεσιών για τις ευρωπαϊκές χώρες [19]

Πιο συγκεκριμένα στη Γερμανία περίπου 536 TWh (στοιχεία του 2005) ηλεκτρικής ενέργειας καταναλώνονται κάθε χρόνο και τα μισά καταναλώνονται για βιομηχανικές εφαρμογές.



Εικ 4.4: Ενεργειακή κατανάλωση σε μικρές και μεγάλες μηχανές

Με δεδομένα αυτά τα στοιχεία η βελτίωση της απόδοσης των μηχανών είναι πολύ σημαντικό θέμα. Στην Εικόνα 4.4 φαίνεται η ενεργειακή κατανάλωση στις μηχανές μικρής και μεγάλης απόδοσης. Συνήθως προτιμάται η χρήση μεγάλων μηχανών κυρίως λόγω του μέσου όρου ζωής τους, μιας και είναι μεγαλύτερος από άλλης κλίμακας μηχανές (Εικόνα 4.5). [23]



Εικ 4.5: Μέσος χρόνος ζωής τριφασικών επαγωγικών μηχανών

Πάνω από το 40% της παγκόσμιας παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας καταναλώνεται σε βιομηχανικές εφαρμογές και τα δύο τρίτα αυτής χρησιμοποιείται από τους ηλεκτρικούς κινητήρες. Σε έρευνα που είχε διεξαχθεί το 2003 ειδικά για τις ευρωπαϊκές χώρες, τα κινητήρια συστήματα είναι υπεύθυνα για το 69% της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στη βιομηχανία και για το 38% στις οικιακές εφαρμογές, το οποίο σε απόλυτες τιμές αντιστοιχεί σε 575 και 186 TWh αντιστοίχως ανά έτος. Από τα στοιχεία αυτά

προκύπτει ότι οι ηλεκτρικοί κινητήρες αποτελούν πολύ σημαντικό παράγοντα στο ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας. Συνεπώς ο βαθμός απόδοσης των κινητήρων αυτών πρέπει να είναι όσο το δυνατόν υψηλότερος. Εξαιτίας της ευρείας χρήσης τους γίνεται μεγάλη έρευνα γύρω από την απόδοσή τους και προκύπτουν συνεχώς νέες πιστοποιήσεις. Σήμερα υπάρχουν πολλά διαφορετικά πρότυπα για την απόδοση των ηλεκτρικών μηχανών:

- NEMA (National Electrical Manufacturers Association) και EPCAct (Energy Policy Act) στις Η.Π.Α.
- CSA (Canadian Standards Association) στον Καναδά,
- CEMEP/EU (European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics, European Union Agreement) στην Ευρώπη,
- AS/NZ (Standards Australia) στην Αυστραλία και Νέα Ζηλανδία,
- JSA (Japanese Standards Association) και JIS (Japanese Industrial Standards) στην Ιαπωνία και
- GB στην Κίνα [22]

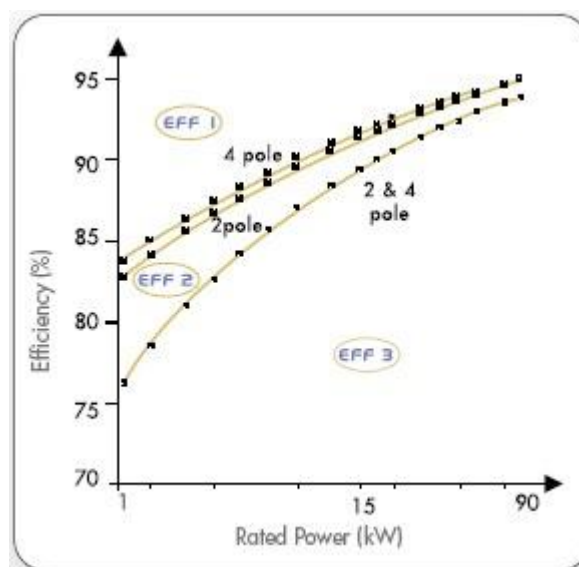
Στη συνέχεια θα αναλυθούν τα τρία βασικότερα πρότυπα της Ευρώπης, της Αμερικής και της Ιαπωνίας. Οι υπόλοιπες χώρες ακολουθούν ένα από αυτά τα πρότυπα. Για παράδειγμα το πρότυπο του Καναδά C390 βασίζεται στο πρότυπο της NEMA το IEEE 112 Method B. Επίσης οι χώρες που δεν ανήκουν στην Ευρωπαϊκή Ένωση ακολουθούν τα πρότυπά της και συγκεκριμένα το IEC. Η απόδοση μιας μηχανής είναι σημαντικό να ελέγχεται και με τα τρία αυτά πρότυπα γιατί υιοθετούν διαφορετικές μεθοδολογίες μέτρησης της απόδοσης [25].

4.2. Κατηγοριοποίηση κατά EFF1, EFF2, EFF3

Η Ευρωπαϊκή Ένωση δημιούργησε ένα πρόγραμμα για τον καθορισμό αρχικά των AC μηχανών χαμηλής τάσης αλλά υψηλής ενεργειακής κλάσης το 1999. Το σχέδιο υλοποιήθηκε με τη συνεργασία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και του CEMEP (European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics) με στόχο τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και τη μείωση των εκπομπών CO_2 . Τα αποτελέσματα από το έργο αυτό είναι: α) να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας στην Ευρώπη, β) να μειωθεί το κόστος λειτουργίας στις Ευρωπαϊκές επιχειρήσεις και γ) να μειωθούν οι εκπομπές CO_2 . Η ταξινόμηση αυτή ενημερώνει με απλό τρόπο τους χρήστες των μηχανών για την απόδοση των ηλεκτρικών μηχανών μέσω των μεταλλικών ετικετών της μηχανής και των εγχειριδίων λειτουργίας τους.

Για τη ταξινόμηση των μηχανών υψηλής απόδοσης

- Καθορίστηκαν δύο επίπεδα απόδοσης ανάλογα με την έξοδο και τον αριθμό των πόλων.
- Ορίστηκαν τρία επίπεδα απόδοσης: EFF1 (υψηλότερο), EFF2, και EFF3 (χαμηλότερο).



Εικ 4.6: Το διάγραμμα απόδοσης – ισχύς εξόδου με βάση τους πόλους [18]

- Προσδιορίστηκαν οι ανάλογες ετικέτες των μηχανών.
- Η απόδοση για κάθε κλάση ορίζεται από τις μετρήσεις απόδοσης (με 100% φορτίο και 75% φορτίο) και από τον αριθμό των πόλων και του μεγέθους των μηχανών, στοιχεία που περιέχονται στα εγχειρίδια των κατασκευαστών.
- Οι ηλεκτρικές μηχανές που αναφέρονται στη συγκεκριμένη ταξινόμηση, είναι τριφασικές AC ηλεκτρικές μηχανές, με κλειστό ανεμιστήρα εσωτερικού, επαγωγικές μηχανές κλωβού από 1.1kW έως 90kW, 2 ή 4 πόλους, 50Hz συχνότητα και 400V τάση γραμμής και S1 κύκλος λειτουργία σε κανονικές συνθήκες.

Class definition for 4-pole motors				Class definition for 2-pole motors			
Kw	EFF3 motors η_n	EFF2 motors η_n	EFF1 motors η_n	Kw	EFF3 motors η_n	EFF2 motors η_n	EFF1 motors η_n
1.1	< 76.2	\geq 76.2	\geq 83.8	1.1	< 76.2	\geq 76.2	\geq 82.8
1.5	< 78.5	\geq 78.5	\geq 85.0	1.5	< 78.5	\geq 78.5	\geq 84.1
2.2	< 81.0	\geq 81.0	\geq 86.4	2.2	< 81.0	\geq 81.0	\geq 85.6
3	< 82.6	\geq 82.6	\geq 87.4	3	< 82.6	\geq 82.6	\geq 86.7
4	< 84.2	\geq 84.2	\geq 88.3	4	< 84.2	\geq 84.2	\geq 87.6
5.5	< 85.7	\geq 85.7	\geq 89.2	5.5	< 85.7	\geq 85.7	\geq 88.6
7.5	< 87.0	\geq 87.0	\geq 90.1	7.5	< 87.0	\geq 87.0	\geq 89.5
11	< 88.4	\geq 88.4	\geq 91.0	11	< 88.4	\geq 88.4	\geq 90.5
15	< 89.4	\geq 89.4	\geq 91.8	15	< 89.4	\geq 89.4	\geq 91.3
18.5	< 90.0	\geq 90.0	\geq 92.2	18.5	< 90.0	\geq 90.0	\geq 91.8
22	< 90.5	\geq 90.5	\geq 92.6	22	< 90.5	\geq 90.5	\geq 92.2
30	< 91.4	\geq 91.4	\geq 93.2	30	< 91.4	\geq 91.4	\geq 92.9
37	< 92.0	\geq 92.0	\geq 93.6	37	< 92.0	\geq 92.0	\geq 93.3
45	< 92.5	\geq 92.5	\geq 93.9	45	< 92.5	\geq 92.5	\geq 93.7
55	< 93.0	\geq 93.0	\geq 94.2	55	< 93.0	\geq 93.0	\geq 94.0
75	< 93.6	\geq 93.6	\geq 94.7	75	< 93.6	\geq 93.6	\geq 94.6
90	< 93.9	\geq 93.9	\geq 95.0	90	< 93.9	\geq 93.9	\geq 95.0

Εικ. 4.7: Η απόδοση των ηλεκτρικών μηχανών σε σχέση με την ενεργειακή κλάση και την ισχύ [18]

Για τις μηχανές που έχουν σχεδιαστεί να λειτουργούν από 320V ως 400V, οι αποδόσεις τους μετρούνται με βάση το μέσο όρο, τα 400V. Η απόδοση καθορίζεται με βάση τις απώλειες σύμφωνα με το πρότυπο EN 60034-2 + A1:1996 + A2:1996 και οι ανοχές με βάση το πρότυπο EN 60034-1 + A1:1997.

Κατά μέσο όρο μια μηχανή που ανήκει στην κατηγορία EFF1

- μειώνει τις ενεργειακές απώλειες μέχρι 40%
- αυξάνει τη διάρκεια ζωής της μηχανής, αφού κατασκευάζεται από καλύτερα και πιο τεχνολογικά εξελιγμένα υλικά
- θεωρούνται επένδυση για μία επιχείρηση με το αντίστοιχο κέρδος και το χρόνο απόσβεσής της
- μειώνουν το χρόνο απόσβεσης του κόστους της μηχανής

Αντίστοιχα μια μηχανή που ανήκει στην κατηγορία EFF2

- μειώνει τις ενεργειακές απώλειες κατά 20%
- εγγυάται μια ικανοποιητική απόδοση σε πιο χαμηλή τιμή, συγκρίνοντας με την απόδοση κατά EFF1

Οι μηχανές που ανήκουν στην κατηγορία EFF3 θεωρούνται χαμηλής απόδοσης και είναι αντιοικονομικές επενδύσεις για μια επιχείρηση έτσι δεν προτείνονται. Η αντικατάσταση όλων των μηχανών τάξης EFF3 με μηχανές EFF2 μπορούν να εξοικονομήσουν μέχρι 6 TWh κάθε χρόνο. [18]

4.2.1. Εύρεση της απόδοσης κατά IEC 60034-2

Η κατηγοριοποίηση της απόδοσης των μηχανών στην Ευρώπη γίνεται με βάση την εύρεση της απόδοσης από το πρότυπο IEC 60034-2. Ανάλογα με την απόδοση που προκύπτει από τις προκαθορισμένες μετρήσεις κατηγοριοποιούνται στις τρεις κατηγορίες EFF1, EFF2 και EFF3.

Το πρότυπο IEC 60034-2 προτείνει διάφορες μεθόδους για μέτρηση της απόδοσης ανάλογα με το είδος και το μέγεθος της μηχανής. Οι μέθοδοι αυτοί μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

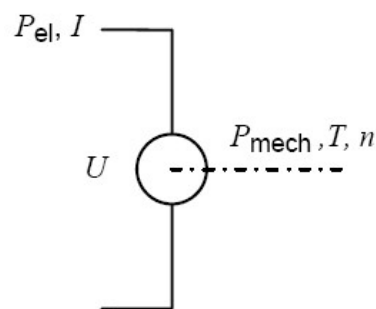
- “Άμεσες μέθοδοι μέτρησης”: Γίνονται απευθείας μετρήσεις για την απορροφημένη και παρεχόμενη ισχύ
- “Έμμεσες μέθοδοι μέτρησης”: Γίνονται μετρήσεις των απωλειών και η απόδοση βρίσκεται από την απορροφημένη ισχύ.

Άμεσες μέθοδοι μέτρησης

1^η μέθοδος

Στις άμεσες μεθόδους μέτρησης μετράται απευθείας η ροπή της μηχανής. Η μηχανική ισχύς της μηχανής P_{mech} και η ηλεκτρική ισχύς P_{el} καθορίζεται από την ισχύ του άξονα της μηχανής και την ταχύτητα της. Η ισχύς εισόδου και εξόδου είναι:

- Κινητήρας: $P_1 = P_{el}$ και $P_2 = P_{mech}$
- Γεννήτρια: $P_1 = P_{mech}$ και $P_2 = P_{el}$

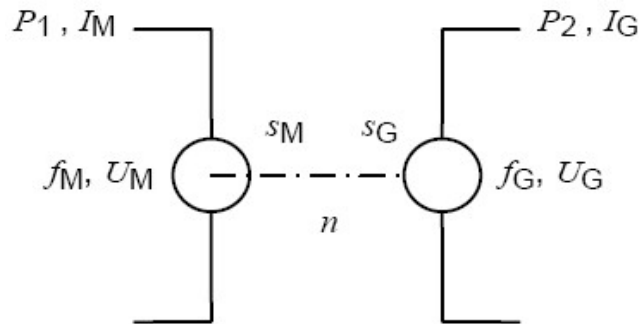


Εικ 4.8: Ισχύς εισόδου κα εξόδου κατά τις μετρήσεις (IEC 1301/07)

Η ροπή μπορεί να μετρηθεί είτε με ροπόμετρο είτε με δυναμόμετρο.

2^η μέθοδος

Μία επιπλέον μέθοδος άμεσης μέτρησης είναι η βαθμονομημένη μηχανή. Συνδέεται παράλληλα με τη μηχανή υπό έλεγχο μία ίδια μηχανή με τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά και γίνονται οι απαραίτητες μετρήσεις. Γίνονται μετρήσεις και από την πλευρά της υπό εξέταση μηχανής και από την πλευρά της “πρότυπης” μηχανής, με την ισχύ να ανταλλάσσεται μεταξύ των μηχανών. Στην περίπτωση των σύγχρονων μηχανών υπάρχει και ένας παράγοντας ισχύος στην υπό εξέταση μηχανή.



Εικ 4.9: Σκίτσο για τη σύνδεση των μηχανών

Έμμεσες μέθοδοι μέτρησης

Οι έμμεσες μέθοδοι μέτρησης αφορούν τη μέτρηση των απωλειών της μηχανής. Πιο συγκεκριμένα μετρούνται οι:

- Σταθερές απώλειες (άθροισμα μηχανικών απωλειών και απωλειών σιδήρου) με τη δοκιμή χωρίς φορτίο.
- Ηλεκτρικές απώλειες του στάτη που υπολογίζονται από την αντίσταση των τυλιγμάτων σε DC σε δεδομένη θερμοκρασία.
- Ηλεκτρικές απώλειες δρομέα που υπολογίζονται από τη μεταφερόμενη ισχύ στον περιβάλλοντα κενό.
- Πρόσθετες απώλειες που υπολογίζονται συναρτήσει του τετραγώνου του ρεύματος του στάτη και είναι περίπου το 0,5% της απορροφημένης ενέργειας.

Γενικά η απόδοση μπορεί να εκφραστεί σύμφωνα με την εξίσωση:

$$h = \frac{P_{electrical} - \sum losses}{P_{electrical}} \quad (4.1)$$

Το πρότυπο επιβάλλει όλες οι μετρούμενες ηλεκτρικές και μηχανικές τιμές να μετρούνται με απόκλιση 0,5%.

4.3. Κατηγοριοποίηση κατά NEMA

Η NEMA (National Electrical Manufacturers Association) είναι ο Αμερικάνικος Οργανισμός Τυποποίησης των προϊόντων της ενεργειακής βιομηχανίας. Χώρισε αρχικά τις μηχανές σε 3 κατηγορίες. Στην ανώτερη βαθμίδα είναι οι "Premium Efficiency" ή "Energy Efficient" μηχανές, που πληρούν τα πρότυπα για την ελάχιστη απόδοση σε πλήρες φορτίο. Μετά υπάρχουν οι "Standard Efficiency" μηχανές με σταθερή απόδοση που είναι κάτω από αυτά τα όρια, αλλά πληρούν τις προδιαγραφές της ENACT. Τέλος υπάρχουν και οι μηχανές "High Efficiency" που καλύπτουν μερικώς τα πρότυπα της NEMA. Στην Εικόνα 4.10 φαίνονται τα όρια της απόδοσης για τις μηχανές υψηλής απόδοσης.

NEMA Threshold Full-Load Nominal Efficiency Values for Energy-Efficient Motors (from NEMA MG1 Table 12-10)¹.

Open Motors					Enclosed Motors				
hp	3600	1800	1200	900	hp	3600	1800	1200	900
1	—	82.5	80.0	74.0	1	72.5	82.5	80.0	74.0
1.5	82.5	84.0	84.0	75.5	1.5	82.5	84.0	85.5	77.0
2	84.0	84.0	85.5	85.5	2	84.0	84.0	86.5	82.5
3	84.0	86.5	86.5	86.5	3	85.5	87.5	87.5	84.0
5	85.5	87.5	87.5	87.5	5	87.5	87.5	87.5	85.5
7.5	87.5	88.5	88.5	88.5	7.5	88.5	89.5	89.5	85.5
10	88.5	89.5	90.2	89.5	10	89.5	89.5	89.5	88.5
15	89.5	91.0	90.2	89.5	15	90.2	91.0	90.2	88.5
20	90.2	91.0	91.0	90.2	20	90.2	91.0	90.2	89.5
25	91.0	91.7	91.7	90.2	25	91.0	92.4	91.7	89.5
30	91.0	92.4	92.4	91.0	30	91.0	92.4	91.7	91.0
40	91.7	93.0	93.0	91.0	40	91.7	93.0	91.7	91.0
50	92.4	93.0	93.0	91.7	50	92.4	93.0	93.0	91.7
60	93.0	93.6	93.6	92.4	60	93.0	93.6	93.0	91.7
75	93.0	94.1	93.6	93.6	75	93.0	94.1	93.6	93.0
100	93.0	94.1	94.1	93.6	100	93.6	94.5	93.6	93.0
125	93.6	94.5	94.1	93.6	125	94.5	94.5	94.1	93.6
150	93.6	95.0	94.5	93.6	150	94.5	95.0	94.1	93.6
200	94.5	95.0	94.5	93.6	200	95.0	95.0	95.0	94.1
250	94.5	95.4	95.4	94.5	250	95.4	95.0	95.0	94.5
300	95.0	95.4	95.4	—	300	95.4	95.4	95.0	—
350	95.0	95.4	95.4	—	350	95.4	95.4	95.0	—
400	95.4	95.4	—	—	400	95.4	95.4	—	—
450	95.8	95.8	—	—	450	95.4	95.4	—	—
500	95.8	95.8	—	—	500	95.4	95.8	—	—

¹ The shaded area indicates motor classes covered by the efficiency standards contained within the Energy Policy Act of 1992.

Εικ 4.10: Τα όρια της απόδοσης για τις μηχανές υψηλής απόδοσης

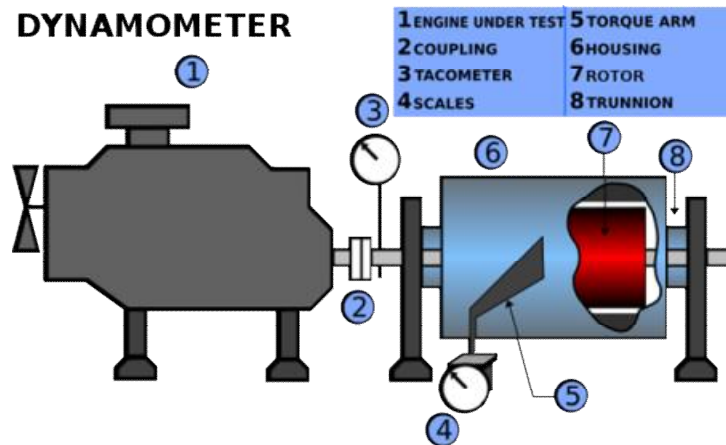
Η NEMA έχει υιοθετήσει μια τυποποιημένη μέθοδο που βοηθά στη σύγκριση της απόδοσης των κινητήρων. Αυτή βασίζεται στη Μέθοδο Β της τυποποίησης 112 της IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) που ονομάζεται "Διαδικασία Δοκιμής Πολυφασικών Επαγωγικών Κινητήρων και Γεννητριών " ("Test Procedure for Polyphase Induction Motors and Generators ").

Επίσης, η NEMA έχει εισάγει μια νέα προδιαγραφή που ονομάζεται ονομαστική απόδοση (nominal efficiency) και θ' αναγράφεται στις πινακίδες των μελλοντικών κινητήρων κλάσης Α, Β και C. Η ονομαστική απόδοση προσδιορίζει τη μέση απόδοση ενός μεγάλου αριθμού κινητήρων συγκεκριμένων προδιαγραφών και εγγυάται κάποια ελάχιστη απόδοση για όλους αυτούς τους κινητήρες. [20]

4.3.1. Εύρεση της απόδοσης κατά IEEE 112-Method B

Η IEEE προσδιόρισε πέντε διαφορετικές μεθόδους μέτρησης της απόδοσης. Οι μέθοδοι Α, Β, C μετρούν απευθείας την απόδοση ενώ οι μέθοδοι Ε και F έμμεσα. Η πιο σημαντική μέθοδος μέτρησης είναι η μέθοδος Β. Αυτή η μέθοδος βασίζεται στη χρήση του Δυναμόμετρου.

Το Δυναμόμετρο είναι όργανο μέτρησης της δύναμης, της ταχύτητας και της ροπής και συνδέεται στη μηχανή υπό μέτρηση. Στην Εικόνα 4.11 φαίνονται τα μέρη του δυναμόμετρου και η σύνδεση του με την μηχανή που εξετάζεται [27]. Σε αυτή τη μέθοδο η ενέργεια από τη μηχανή μεταφέρεται σε μία περιστρεφόμενη μηχανή (δυναμόμετρο), που λειτουργεί σαν γεννήτρια και διαχέει την ισχύ σε μία "αποθήκη φορτίου". Το δυναμόμετρο συνδέεται σε κάποιο όργανο μέτρησης της έντασης ή της ροπής.



Εικ 4.11: Το δυναμόμετρο σε σύνδεση με τη μηχανή

Η μέθοδος Β καθορίζει τρεις δοκιμές:

- Θερμικές δοκιμές στο ονομαστική τάση εξόδου και μετρήσεις κάθε 30 λεπτά μέχρι οι αρχικές θερμοκρασίες της μηχανής να μην μεταβληθούν πάνω από 1οC. Στο τέλος των δοκιμών μετράται η αντίσταση των τυλιγμάτων.
- Δοκιμές χωρίς φορτίο: Η μηχανή λειτουργεί στην ονομαστική της τάση και συχνότητα χωρίς φορτίο, μέχρι να σταθεροποιηθούν οι τριβές ανάμεσα σε δύο συνεχόμενες μετρήσεις, και η ισχύς εισόδου να μην αυξηθεί περισσότερο από 3%.
- Δοκιμές με διάφορα φορτία: Η μηχανή λειτουργεί στις ονομαστικές της τιμές, σε θερμική ισορροπία και γίνονται τουλάχιστον 6 διαφορετικές δοκιμές για τη ροπή (από 150% ως 25% της ονομαστικής ταχύτητας).

Με αυτή τη μέθοδο είναι δυνατό να υπολογιστούν όλες οι απώλειες που συμμετέχουν στην απόδοση [25]. Είναι μια ευέλικτη και ακριβής μέθοδος δοκιμών κυρίως σε μεγάλες μηχανές. Για να διασφαλιστεί η ακρίβεια το δυναμόμετρο απαιτεί συνεχώς διορθώσεις κατά τη διάρκεια των δοκιμών. Η μέθοδος Β περιλαμβάνει και τις πρόσθετες απώλειες μέσω της προσέγγισης τους με γραμμική παλινδρόμηση. Οι εξομαλυσμένες πρόσθετες απώλειες προστίθενται στο τέλος [28].

4.4. Λογισμικό EURODEEM

Το EuroDEEM (European Database of Efficient Electric Motor Systems), είναι ένα ανεξάρτητο λογισμικό που αναπτύχθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση για προώθηση των μηχανών υψηλής απόδοσης στους χρήστες και για υποστήριξη των προμηθευτών και των εταιρειών ηλεκτρικής ενέργειας να αναπτύξουν καινούργιες υπηρεσίες στην αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας. Ουσιαστικά είναι ένα λογισμικό που περιέχει μία βάση δεδομένων με όλες τις ηλεκτρικές μηχανές που υπάρχουν στην ευρωπαϊκή αγορά. Περιέχει δεδομένα για μηχανές υψηλής απόδοσης που επιτρέπει στους χρήστες να επιλέξουν την πιο συμφέρουσα ενεργειακά ηλεκτρική μηχανή είτε για αντικατάσταση παλαιότερας είτε για νέα εγκατάσταση, με βάση οικονομικά και ενεργειακά κριτήρια. Η βάση ανανεώνεται κάθε δύο χρόνια. Το λογισμικό περιέχει δεδομένα και για 60 Hz σύμφωνα με τη NEMA (National Electrical Manufacturers Association) και για 50 Hz σύμφωνα με την IEC (International Electrotechnical Commission). Η τελευταία έκδοση περιέχει στη βάση δεδομένων πάνω από 25000 NEMA μηχανές και πάνω από 7200 IEC μηχανές.



Εικ 4.12: Οι βάσεις των μηχανών που υποστηρίζει το EuroDEEM

Στις Εικόνες 4.13 και 4.14 φαίνονται δύο παραδείγματα για επιλογή μηχανής κατά NEMA 60HZ και IEC 50HZ, μεγέθους 500Hp και 500 kW αντίστοιχα.

Motor Selector Page: 1

Manufacturers: All

Query Parameters:

Motor type: IEC Design N	Relate program: <None>
Size: 500 kW	Frame size: <All>
Speed/Poles: 1500 RPM	C-face: False
Degree of protection: IP55	Vertical shaft: False
Voltage: 400	
Definite purpose: <All - purpose motor>	EFF1 - High Efficiency: False

Query Results

Manufacturer	Model	Catalog	KW	Enc	Eff FL IEBB	Eff FL IEC	Voltage	RPM FL	Eff FL %	Amps FL	Frame	L10 Torq (Nm)	List Price (€)	Last Updated
ABB Motors	CI-Process	M3BP 355 LKA	500	IP55	97,0	380	1480	87,0	907,0	355	1.8	0	5/9/2005	
ABB Motors	CI-Process	M3BP 355 LKA	500	IP55	97,0	400	1490	86,0	875,0	355	2,0	0	5/9/2005	
EMIT SA	Sh 400HdS		500	IP55	97,0	400	1491	86,0	865,0	400	5124,1	0	27/12/2004	
SIEUMINS	TLAN 157-44H	M 11	500	IP55	96,8	400	1488	86,0	850,0	355	6741,0	0	27/12/2004	
ABB Motors	General Purpose Steel	M2CA 400 MLE	500	IP55	96,8	400	1480	89,0	830,0	400	1,3	0	5/9/2005	
ABB Motors	General Purpose Steel	M2CA 400 MLE	500	IP55	96,7	380	1488	90,0	870,0	400	1,1	0	5/9/2005	
VEM	K22R 355 Ld	VEM HK 0305	500	IP55	96,7	400	1490	79,0	945,0	355L	3525,2	0	10/10/2005	

© 07/2011 Copyright 2002 W&W

Motor Selector Page: 1

Manufacturers: All

Query Parameters:

Motor type: NEMA Design B	Relate program: <None>
Size: 500 HP	Frame size: <All>
Speed/Poles: 1800 RPM	C-face: False
Enclosure type: TEFC	Vertical shaft: False
Voltage: 460	U-frame: False
Definite purpose: <General - purpose motors>	Premium Efficiency: false

Query Results

Manufacturer	Model	Catalog	HP	Enc	Eff FL IEBB	Eff FL IEC	Voltage	RPM FL	Eff FL %	Amps FL	Frame	L10 Torq (ft-lbs)	List Price (€)	Last Updated
WEG Electric Motors	W21 TDFC NEMA Premium	50018EF3C H4586	500	TFC	95,2	460	1790	85,0	567,5	5867T	2603,9	26.812	10/7/2005	
WEG Electric Motors	W21 TDFC NEMA Premium	50018EF3C H897	500	TFC	95,2	460	1790	85,0	567,5	5867T	2603,9	26.812	10/7/2005	
Premium Efficiency	NEMA Table 12 12	MC 1 2004	500		95,2							0		
Baldor	GENERAL PURPOSE	M506041-4	500	TFC	95,0	460	1790	89,0	554,0	5000	1412,0	38.482	5/9/2004	
WEG Electric Motors	W21 TDFC High Efficiency	50018EF3C H4586	500	TFC	95,8	460	1790	86,0	565,8	5867T	2603,9	25.010	10/7/2005	
WEG Electric Motors	W21 TDFC High Efficiency	50018EF3C H897	500	TEFC	95,8	460	1790	86,0	565,8	5867T	2603,9	24.010	10/7/2005	

© 07/2011 Copyright 2002 W&W

Εικ 4.13 και 4.14: Παραδείγματα για την επιλογή μηχανής κατά NEMA 60HZ και IEC 50Hz

Οι τιμές για την απόδοση σε πλήρως και μερικό φορτίο δίνονται από τις μετρήσεις κατά NEMA IEEE 112 ή κατά IEC 60034-2. Επίσης υποστηρίζεται και ο προσδιορισμός των ετικετών στις μηχανές κατά NEMA και κατά CEMEP (European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics). Καθορίζεται η εξοικονόμηση σε ενέργεια και κόστος λαμβάνοντας υπόψη τεχνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά. Τέλος υπάρχει και η δυνατότητα εύρεσης της ιδανικότερης μηχανής δεδομένου της μηχανής σαν επένδυση και των τεχνικών χαρακτηριστικών της (παράδειγμα Εικόνες 4.15 και 4.16) [25].

Εικ 4.15: Εύρεση της κατάλληλης μηχανής σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά της

Motor Savings Analysis

Scenario: **New** | Savings | Best Available | Print | Help | Close

Motor Characteristics

	EFF3 Standard Efficiency Motor	EFF3 Standard Efficiency Motor
Dealer discount (%):	35,0	35,0
Purchase price (€):	22.423	22.423
Installation cost (€):		
Motor rebate (€):	0	0
Peak months:	12	12
Hours use/yr:	6000	6000

Costs/Use

Utility Data

Energy price (€/kWh): 0,05

Demand charge (€/kW/mo.): 5 kW kVA

Power factor (%): 82,0

Rebate program: <None>

Simple payback criteria, yrs: 10

Savings

	EFF3 Standard Efficiency Motor	EFF3 Standard Efficiency Motor	Energy Savings
Differential cost (€):		0	Energy (kWh/yr): 0
Energy use (kWh/yr):	2.490.797	2.490.797	Demand (kW): 0,0
Energy cost (€/yr):	124.540	124.540	Energy savings (€/yr): 0
Demand charge (€/yr):	24.908	24.908	Demand savings (€/yr): 0

Greenhouse Gas Emissions Reduction

Province: <none> tonnes CO2/yr: 0,0

Total savings (€/yr): 0

Simple payback (yrs): N/A

Εικ 4.16: Εύρεση της κατάλληλης μηχανής σύμφωνα με οικονομικά δεδομένα

4.5. Κατηγοριοποίηση κατά JEC

Το πρότυπο JEC εφαρμόζεται στην Ιαπωνία και είναι το λιγότερο περιοριστικό από τα αντίστοιχα πρότυπα της Ευρώπης και της Αμερικής. Η εκτίμηση της απόδοσης γίνεται μέσω απευθείας μεθόδων μέτρησης. Το πρότυπο JEC 37 επιβάλλει να αγνοούνται οι πρόσθετες απώλειες και γι αυτό το λόγο οι τιμές των αποδόσεων είναι πιο υψηλές από τα άλλα πρότυπα. Επιπλέον δεν συμπεριλαμβάνεται θερμική διόρθωση των ηλεκτρικών απωλειών Joule. Το πρότυπο JEC 37 προτείνει τη δημιουργία του ισοδύναμου κυκλώματος "T" της μηχανής και υπολογίζονται οι παράμετροι του κυκλώματος για τους υπολογισμούς της απόδοσης (όπως γίνεται και στο πρότυπο IEC). Εξαιτίας της χρήσης ισοδύναμων κυκλωμάτων το πρότυπο JEC 37 θεωρείται το ιδανικότερο για τον καθορισμό της ισχύος εισόδου ή εξόδου, όταν δεν είναι δυνατές οι απευθείας μετρήσεις.

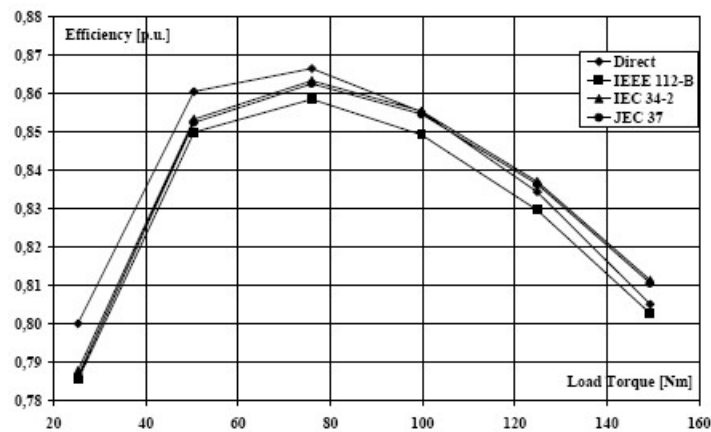
4.6. Συμπεράσματα

Σε αυτό ο κεφάλαιο αναφέρθηκαν τα τρία βασικότερα πρότυπα για την εύρεση της απόδοσης των ηλεκτρικών μηχανών. Το κάθε πρότυπο χρησιμοποιεί διαφορετική μεθοδολογία για την εύρεση της απόδοσης, έτσι αναπτύχθηκαν και οι αντίστοιχες πιστοποιήσεις.

Το πρότυπο IEEE 112 – Method B έχει κατανοητή προσέγγιση και είναι εφαρμόσιμο σε όλων των ειδών τις μηχανές. Το πρότυπο IEC 60034-2 καθορίζει διαφορετικές μεθόδους για την εύρεση της απόδοσης και είναι εύκολο στη χρήση και στην επανάληψη των δοκιμών αυτών. Τέλος το πρότυπο JEC 37 χρησιμοποιείται όταν δεν είναι δυνατή η απευθείας μέτρηση της απόδοσης. Αντίθετα τα μειονεκτήματα όλων των προτύπων αφορούν τις πρόσθετες απώλειες. Το πρότυπο IEEE 112 – Method B απαιτεί τη διόρθωση κάποιων απωλειών με μαθηματική ανάλυση, το πρότυπο IEC 60034-2 κάνει την παραδοχή ότι οι πρόσθετες απώλειες δεν ξεπερνούν το 0,5% της ενέργειας που απορροφάται και το πρότυπο JEC 37 θεωρεί μηδενικές τις πρόσθετες απώλειες. Στην Εικόνα 4.17 [26] φαίνεται ενδεικτικά η διαφορά στις μετρήσεις των αποδόσεων στα τρία πρότυπα με διαφορετικές ισχύς, ενώ στην Εικόνα 4.18 [29] φαίνεται η διαφορά των προτύπων για μια μηχανή 15kW.

Πρότυπο	15 HP	75 HP	800 HP	1500 HP
IEEE 112 B (U.S.)	87.4	90.0	95.9	95.9
IEC 34-2 (International)	89.2	92.7	95.6	96.0
JEC 37 (Japanese)	90.1	93.1	95.9	96.8

Εικ 4.17: Αποδόσεις των ίδιων μηχανών σύμφωνα με τα τρία πρότυπα



Εικ 4.18: Απόδοση σύμφωνα με τα τρία πρότυπα μιας μηχανής 15kW

Γενικά η τυποποίηση της NEMA (Μέθοδος Β, IEEE- 112) θεωρείται η πιο συντηρητική από τις μεθόδους μέτρησης της απόδοσης κι αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη σύγκριση των κινητήρων που εξετάζονται σε διαφορετικά συστήματα. Αν για παράδειγμα εξετάζονται δυο κινητήρες με ονομαστική απόδοση 82,5%, από τους οποίους ο ένας αναλύθηκε με την τυποποίηση της NEMA και ο άλλος με την Ιαπωνική τυποποίηση, αυτός που αναλύθηκε με την τυποποίηση της NEMA έχει στην πραγματικότητα μεγαλύτερη απόδοση. Τελικά, όταν συγκρίνονται δυο κινητήρες, είναι σημαντικό η σύγκριση για τις αποδόσεις να γίνεται στο ίδιο σύστημα τυποποίησης [20].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία γίνεται έρευνα σχετικά με τους κανονισμούς πιστοποίησης στους τομείς των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και των ηλεκτρικές μηχανές. Η ανάγκη πιστοποίησης κάθε τομέα που σχετίζεται με το ηλεκτρικό ρεύμα είναι αναγκαία, τόσο σε επίπεδο ασφάλειας των μηχανημάτων, των κτιρίων ακόμα και των ανθρώπων, αλλά όσο και σε επίπεδο βελτιστοποίησης της ενέργειας και των χρήσεών της. Τα δύο βασικότερα τμήματα της ηλεκτρικής ενέργειας αφορούν τις εσωτερικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις και τις ηλεκτρικές μηχανές. Έτσι έχουν αναπτυχθεί πρότυπα για τους τομείς αυτούς. Οι κανονισμοί ηλεκτρικών εγκαταστάσεων έχουν προσαρμοστεί πλήρως σε ελληνικά δεδομένα.. Αντίθετα για τις ηλεκτρικές μηχανές τα γενικά χαρακτηριστικά τους δίνονται με βάση τα Ευρωπαϊκά πρότυπα. Εδώ δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα στα πρότυπα για την εύρεση των απωλειών και της απόδοσης των μηχανών.

Η πιστοποίηση είναι η βελτίωση της καταλληλότητας των προϊόντων, των διεργασιών και των υπηρεσιών για την προβλεπόμενη χρήση, η πρόληψη των τεχνικών εμποδίων στο εμπόριο και η διευκόλυνση της τεχνολογικής συνεργασίας. Γι αυτό το λόγο έχουν ιδρυθεί σε κάθε χώρα ξεχωριστά αλλά και σε επίπεδο ηπείρων οργανισμοί πιστοποίησης για τον καθορισμό και την ανάπτυξη προτύπων. Στην Ελλάδα έχει ιδρυθεί ο ΕΛΟΤ – Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης που διαχειρίζεται όλα τα πρότυπα σε ελληνικό και διεθνές επίπεδο.

Οι κανονισμοί πιστοποίησης που πρέπει να ικανοποιούν οι εσωτερικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, με στόχο να τονισθεί η αναγκαιότητα να εξασφαλισθεί αρχικά η ασφαλής λειτουργία των συσκευών χωρίς να δημιουργούνται κίνδυνοι για τα άτομα, τις συσκευές και τα αγαθά. Οι εσωτερικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις πλέον ικανοποιούν γενικά και τις απαιτήσεις του ΕΛΟΤ-384, όσον αφορά την διαμόρφωση και κατασκευή τους. Παρά το ότι οι αναθεωρήσεις που γίνονται πλέον στο πρότυπο είναι ελάχιστες, η εφαρμογή του δεν αποτέλεσε εμπόδιο στην χρησιμοποίηση σύγχρονων υλικών-εξοπλισμού.

Το πρότυπο IEC 60034-1 αναφέρεται στις στρεφόμενες ηλεκτρικές μηχανές. Είναι το βασικό λειτουργικό πρότυπο των μηχανών. Το βασικό στοιχείο μιας στρεφόμενης

ηλεκτρικής μηχανής είναι η μετατροπή ενέργειας από ηλεκτρική σε μηχανική μορφή και αντίστροφα, όπως και σε όλες τις ηλεκτρικές μηχανές.

Η απόδοση μιας μηχανής μπορεί να καθοριστεί είτε άμεσα, μετρώντας την ηλεκτρική και μηχανική ισχύ των εισόδων και εξόδων, είτε έμμεσα, μετρώντας ξεχωριστά τις απώλειες κάθε τμήματος της μηχανής και αθροίζοντάς τις ή μετρώντας κατευθείαν τις συνολικές απώλειες. Σε κάθε περίπτωση όμως εμπεριέχεται και ο παράγοντας της αβεβαιότητας που εξαρτάται από την ζητούμενη ακρίβεια, τον τύπο και το μέγεθος της μηχανής και τον διαθέσιμο εξοπλισμό. Αναλύθηκαν τρεις μέθοδοι για τον καθορισμό της απόδοσης των μεγάλων μηχανών, μέσω των απωλειών τους:

- Μέθοδος βαθμονόμησης μηχανής (Calibrated-machine method)
- Μέθοδος καθυστέρησης / επιβράνδωσης (Retardation method)
- Μέθοδος θερμιδομέτρησης (Calorimetric method)

Οι μέθοδοι αυτοί χρησιμοποιούνται σε μεγάλες μηχανές όπου δεν είναι οικονομικά εφικτό να εφαρμοστούν άλλες μέθοδοι. Οι μεθοδολογίες αυτές είναι γνωστές στον τομέα των ηλεκτρικών μηχανών, αλλά μόλις τον Ιούνιο του 2010 έγιναν μέθοδοι πιστοποίησης. Ανάλογα με τα διαθέσιμα όργανα μέτρησης γίνεται και η κατάλληλη επιλογή της μεθόδου. Παρόλα αυτά οι κατασκευαστές είναι υποχρεωμένοι να δίνουν στα τεχνικά εγχειρίδια τους τις μετρήσεις από αυτές τις δοκιμές εύρεσης απωλειών.

Οι ηλεκτρικοί κινητήρες αποτελούν πολύ σημαντικό παράγοντα στο ενεργειακό ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας. Οπότε ο βαθμός απόδοσης των κινητήρων αυτών πρέπει να είναι όσο το δυνατόν υψηλότερος. Εξαιτίας της ευρείας χρήσης τους γίνεται μεγάλη έρευνα γύρω από την απόδοσή τους και προκύπτουν συνεχώς νέες πιστοποιήσεις. Οι πιο σημαντικές πιστοποιήσεις είναι οι NEMA IEEE 112-Method B, IEC 60034-2, JEC 37. Το κάθε πρότυπο, αντιστοιχεί ουσιαστικά σε διαφορετική ήπειρο και γι αυτό χρησιμοποιούν διαφορετικές μεθοδολογίες για την εύρεση της απόδοσης. Οπότε είναι αναγκαίο ο ενδιαφερόμενος να ελέγχει τις τιμές της απόδοσης της ηλεκτρικής μηχανής που τον ενδιαφέρει κοιτώντας τις τιμές που δίνουν όλα τα πρότυπα, με έμφαση στις NEMA και IEC. Γι αυτό το λόγο αναπτύχθηκε με τη συνεργασία πολλών χωρών το λογισμικού EuroDEEM που περιέχει τις

βάσεις δεδομένων των μηχανών πιστοποιημένες με αυτά τα πρότυπα, καθώς και την απαραίτητα οικονομοτεχνική ανάλυση θεωρώντας την μηχανή σαν επένδυση σε μια επιχείρηση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΕΛΟΤ – Ιστορικό τυποποίησης:
http://www.elot.gr/502_ELL_HTML.aspx
2. ΕΛΟΤ – Το πρώτο ευρωπαϊκό πρότυπο: http://www.elot.gr/781_ELL_HTML.aspx
3. Α. Τσερεμεγλί, “Ο Ρόλος της Τυποποίησης στη Βελτίωση της Ασφάλειας των Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων”, *ΕΛΟΤ – Ημερίδα ΤΕΕ*, 2005
4. Μ. Παπαδόπουλος, “Ομοιότητες και Διαφορές του Προτύπου ΕΛΟΤ 384 με τον Κανονισμό Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων”, *Ημερίδα ΤΕΕ*, 2005
5. Εσωτερικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις:
<http://www.electrocore.gr/products.php?prodType=faq&catId=48&prodId=130>
6. Εταιρεία ELPROM – EMS, AC Motors:
<http://www.elprom-ems.com/acmotors/>
7. Σύνδεσμος Ασφάλειας και Υγείας Κύπρου, Συσκευές Ασφάλειας:
http://www.cyscha.org.cy/GR/Documents/interesting_articles/safety_devices.htm
8. Χ. Κατσανός κα, “Κανονισμοί Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων – Πρότυπο ΕΛΟΤ 384 – Θέματα ΕΗΕ που άπτονται της λειτουργίας της ΔΕΗ”, *ΔΕΗ/ΔΚΣΔ – ΤΕΕ*, 2005
9. Εταιρεία ΕΛΕΜΚΟ, Σχεδιασμός και Εφαρμογή Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας:
<http://www.elemko.gr/documents/sap.asp>
10. Ηλεκτρική Μηχανή:
http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%97%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%BC%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%AE
11. Σημειώσεις Βιομηχανικοί αυτοματισμοί, ΤΕΙ Σερρών:
http://chaos.c4lab.el.teithe.gr/kioskeridis/Industrial_Automation_02_DC_Machines.pdf
12. E. Quispe et al, “Influence of Unbalanced and Waveform Voltage on the Performance Characteristics of Three-phase Induction Motors”, *International conference of renewable energies and power quality*, Las Palmas de Gran Canaria, 4.279.QUISPE, 2011
13. Σημειώσεις ΤΕΙ Σερρών:
<http://teiserron.gr/index.php?action=dattach;topic=745.0;attach=903>
14. A. Mihalcea et al, “Determining Total Losses and Temperature Rise in Induction Motors Using Equivalent Loading Methods”, *IEEE Transactions on Energy Conversion*, Vol 16, No3, 2001
15. B. Baholo et al, “An Automated Calorimetric Method of Loss Measurement in Electrical Machines”, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 133, pages 433-436, 1994

16. B. Szabados and A. Mihalcea, "Design and Implementation of a Calorimetric Measurement Facility for Determining Losses in Electrical Machines", *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Vol 51, No 5, 2002
17. W. Cao et al, "Development of a High-Precision Calorimeter for Measuring Power Loss in Electrical Machines", *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Vol 58, No 3, 2009
18. Electric Motor Efficiency, Brochure
www.copperinfo.co.uk/motors/.../pub-173-electric-motor-efficiency.pdf
19. Aníbal T. de Almeida, Paula Fonseca and Paolo Bertoldi, "Energy-efficient motor systems in the industrial and in the services sectors in the European Union: characterisation, potentials, barriers and policies", *Energy*, Volume 28, Issue 7, June 2003, Pages 673-690.
20. Σημειώσεις Ηλεκτρικών Μηχανών, Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2005
21. Α. Καρλής, "Ενέργεια, Ενέργεια Περιβάλλον και Οικολογικές Μεταφορές", Εργαστήριο Ηλεκτρικών Μηχανών, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, 2009
22. Aníbal T. de Almeida, et al, "Electric Motor Standards, Ecodesign and Global Market Transformation", June 2003
23. S. Fassbinder, "Saving Energy with High-Efficiency Motors", Leonardo Energy, 2007
24. Improve Motor System Efficiency for a Broader Range of Motors with EuroDEEM International, EuroDeem, 2011
25. A. Boglietti, A. Cavagnino, M. Lazzari, M. Pastorelli, "Induction Motor Efficiency Measurements in Accordance to IEEE 112-B, IEC 34-2 and JEC 37 International Standards", Conf. Rec. IEEEIEMDC 2003, Madison, USA
26. B. Seto and K. Wuelfing, "Notes for Electric Motors", ESM 288,
www.bren.ucsb.edu/.../Electric%20Motor%20Presentation.ppt
27. Δυναμόμετρο:
<http://en.wikipedia.org/wiki/Dynamometer>
28. What-When-How: In depth Information:
<http://what-when-how.com/electric-motors/efficiency-determination-electric-motor/>
29. A. Boglietti, et al, "International Standards for the Induction Motor Efficiency Evaluation: a Critical Analysis of the Stray-Load Loss Determination", Industry Applications Conference, 38th IAS Annual Meeting, Vol 2, pages: 841 – 848, 2003
30. ΕΛΟΤ EN 60034-2-2:Περιστρεφόμενες ηλεκτρικές μηχανές. Μέρος 2-2: Είδικες μέθοδοι για τον προσδιορισμό των ξεχωριστών απωλειών μηχανών μεγάλου μεγέθους από τις δοκιμές. Συμπλήρωμα στο IEC 60034-2-1
31. IEC 60034-1: Στρεφόμενες ηλεκτρικές μηχανές: Μέρος 1: Ονομασία και απόδοση

