



Α.Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

**“ ΕΦΕΔΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΕΜΠΟΡΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ
BACKUP POWER SYSTEM SERVING A COMMERCIAL CENTER”**



Επιβλέπων Καθηγητής:
Σπουδαστής:

ΤΣΙΩΛΗΣ ΣΠΥΡΟΣ
ΠΟΝΤΙΚΗΣ ΣΤΑΥΡΟΣ

ΑΜ: 37312

ΑΘΗΝΑ

ΙΟΥΝΙΟΣ – 2014

Copyright © Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Καταρχήν, θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες, στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Τσιώλη Σπύρο για την ανάθεση της παρούσας πτυχιακής εργασίας καθώς και για την συνεχή του καθοδήγηση, η οποία ήταν καθοριστική για την αποπεράτωση της εργασίας μου.

Ένα ιδιαίτερο ευχαριστώ, οφείλω στον κ. Γιώργο Φακιολάκη, καθηγητή Φυσικής και Πληροφορικής στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση για την διαρκή συμπαράσταση του, καθώς και την πολύτιμη βοήθεια που μου παρείχε καθόλη την διάρκεια της έρευνας μου.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένεια μου που με στήριζε συνεχώς κατά την διάρκεια των σπουδών μου στο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά και χωρίς την βοήθεια της οποίας δεν θα είχα καταφέρει να υλοποιήσω τα πλείστα από τα όσα έχω μέχρι σήμερα.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την εταιρία MELPAN ΤΣΑΛΙΚΗΣ ΑΒΕΕ χάρη στην οποία βρέθηκα στον χώρο του έργου και μου έδωσε τις απαραίτητες πληροφορίες για να ολοκληρώσω την μελέτη του εφεδρικού συστήματος τροφοδοσίας του εμπορικού κέντρου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	iii
Περιεχόμενα	iv
Λίστα σχημάτων	vi
Εικόνες.....	vii
Λίστα πινάκων	viii
Περίληψη.....	ix
Summary	x
1^ο Κεφάλαιο “ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ.”	13
1.1 Γενικά στοιχεία.....	13
1.2 Ηλεκτροπαραγωγοί σταθμοί.....	13
1.2.1 Σταθμός Δεκελείας:	13
1.2.2 Σταθμός Μονής:	14
1.2.3 Σταθμός Βασιλικού:	14
1.3 Χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού δικτύου.....	15
1.3.1 Εξοπλισμός μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.....	15
1.3.2 Εξοπλισμός διανομής.....	16
1.3.3 Διάγραμμα κατανομής της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.....	16
1.3.4 Διάγραμμα της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε εκατομμύρια kWh.....	17
1.4 Χάρτης δικτύου της Κύπρου.....	18
2^ο Κεφάλαιο “ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΟ ΖΕΥΓΟΣ”	19
2.1 Γενικά	19
2.2 Μηχανή Diesel.....	21
2.2.1 Εισαγωγή.....	21
2.2.2 Κατηγορίες εμβολοφόρων μηχανών	21
2.2.3 Τα βασικά πλεονεκτήματα κινητήρα Diesel	22
2.2.4 Τα στοιχειώδη μέρη των εμβολοφόρων κινητήρων	22
2.2.5 Κύκλος λειτουργίας τετράχρονου κινητήρα Diesel	24
2.2.6 Κύκλος λειτουργίας δίχρονου κινητήρα Diesel	25
2.2.7 Σύγκριση δίχρονων-τετράχρονων μηχανών Diesel.....	26
2.2.7.1 Πλεονεκτήματα δίχρονων μηχανών Diesel.....	26
2.2.7.2 Μειονεκτήματα δίχρονων μηχανών Diesel.....	26
2.3 Ηλεκτρικές γεννήτριες.....	27
2.3.1 Γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος (E.P.).....	28
2.3.2 Τύποι και κατασκευή εναλλακτήρων	28
2.3.3 Τύποι εναλλακτήρων.....	32
2.3.3.1 Μονοφασικοί εναλλακτήρες	32
2.3.3.2 Διφασικοί εναλλακτήρες.....	33
2.3.3.3 Τριφασικοί εναλλακτήρες	34
2.3.4 Ισχύς, απώλειες και βαθμός απόδοσης εναλλακτήρα.....	37
2.3.4.1 Ισχύς.....	37
2.3.4.2 Απώλειες	37
2.3.4.3 Βαθμός απόδοσης (η).....	37
2.3.5 Γεννήτριες συνεχούς ρεύματος	38
2.3.6 Κατασκευή των μηχανών συνεχούς ρεύματος.....	38
2.3.6.1 Στάτης	40
2.3.6.2 Δρομέας.....	41
2.3.7 Είδη γεννητριών συνεχούς ρεύματος	41
2.3.7.1 Γεννήτριες με ξένη διέγερση	42
2.3.7.2 Γεννήτριες με παράλληλη και διέγερση σειράς.....	42
2.3.7.3 Γεννήτριες σύνθετης διέγερσης.....	43
2.3.8 Ισχύς απώλειες και βαθμός απόδοσης των γεννητριών.....	44

2.3.8.1	Ισχύς.....	44
2.3.8.2	Απώλειες.....	44
2.3.8.3	Βαθμός απόδοσης.....	45
3^ο	Κεφάλαιο “ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΕΜΠΟΡΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ”	46
3.1	Γενικές πληροφορίες για το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας της Κύπρου.....	46
3.2	Γενικές πληροφορίες για το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας στο εμπορικό κέντρο της Κύπρου.....	47
3.2.1	Περιγραφή του συστήματος και του χώρου εγκατάστασης.....	47
3.2.1.1	Περιγραφή συστήματος.....	47
3.2.1.2	Περιγραφή χώρου εγκατάστασης.....	49
3.3	Από τι αποτελείται το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας που μελετάμε.	49
3.3.1	Τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη.....	50
3.3.1.1	Έλεγχοι πριν την εκκίνηση.....	50
3.3.1.2	Προληπτική συντήρηση.....	50
3.3.1.3	Χρόνοι σύνδεσης φορτίων μετά την πτώση της κύριας παροχής.....	51
3.3.2	Αναλυτικά χαρακτηριστικά για το κάθε ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος:.....	52
3.3.2.1	Ονομασία H/Z: Caterpillar C32 (Γεννήτριες G1 και G2).....	52
3.3.2.2	Ονομασία H/Z: Caterpillar C15 (Γεννήτρια G3 και G4).....	55
3.3.2.3	Ονομασία H/Z: 3412C (Γεννήτρια G5).....	57
3.3.3	Πίνακες παραλληλίας γεννητριών GENSYS 2.0.....	60
3.3.3.1	Χειροκίνητη λειτουργία.....	62
3.3.3.2	Αυτόματη λειτουργία.....	62
3.3.3.3	Προστασίες-Λειτουργίες.....	63
3.3.3.4	Χώρος εγκατάστασης του ελεγκτή GENSYS.....	63
3.3.3.5	Διάγραμμα συνδεσμολογίας.....	64
3.3.4	Πίνακας αυτόματης μεταγωγής φορτίου.....	65
3.3.5	Περιγραφή ATS (Αυτόματου διακόπτη).....	66
3.3.5.1	Ο αυτόματος διακόπτης που χρησιμοποιήθηκε.....	67
3.3.6	Πίνακες ελέγχου των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών από την ΑΗΚ.....	69
3.4	Πίνακες σύνδεσης H/Z με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας.....	70
3.4.1	Μετασηματιστές.....	71
3.4.2	Μετασηματιστές που χρησιμοποιήθηκαν στην εγκατάσταση.....	73
3.4.3	Μέσα προστασίας.....	74
4^ο	Κεφάλαιο “ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ”	76
4.1	Γενικά.....	76
4.1.1	Προϋποθέσεις για τον παραλληλισμό σύγχρονων γεννητριών.....	76
4.1.2	Διαδικασία παραλληλισμού σύγχρονων γεννητριών.....	77
4.2	Ανάλυση της συνδεσμολογίας – κυρίως σχέδιο παραλληλισμού.....	78
4.3	Διάγραμμα σύνδεσης γεννητριών με εμπορικό κέντρο.....	79
4.4	Ανάλυση της συνδεσμολογίας μετά την σύνδεση των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών με την ΑΗΚ.....	80
4.4.1	Mode 1 Bus paralleling (ΑΗΚ=0).....	81
4.4.2	Mode 2 Main Paralleling (MAINS=1, ΑΗΚ=1, ATS=0).....	81
4.5	Λειτουργίες του συστήματος και επιλογή τροφοδοσίας.....	82
4.6	Ανάλυση της συνδεσμολογίας της κάθε γεννήτριας ξεχωριστά.....	83
4.7	Λίστα καλωδίων.....	92
	Βιβλιογραφία.....	95

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1 Κατανομή της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.....	16
Σχήμα 1.2 Συνολική παραγωγή ενέργειας σε εκατ/ρια kWh.....	17
Σχήμα 1.3 Χάρτης δικτύου της Κύπρου.....	18
Σχήμα 2.1 Βασική δομή εμβολοφόρων κινητήρων.....	22
Σχήμα 2.2 Βασικά κομμάτια στροφαλοφόρου άξονα.....	23
Σχήμα 2.3 Εισαγωγή.....	24
Σχήμα 2.4 Συμπύεση.....	24
Σχήμα 2.5 Καύση και Εκτόνωση.....	25
Σχήμα 2.6 Εξαγωγή.....	25
Σχήμα 2.7 Κύκλος λειτουργίας.....	25
Σχήμα 2.8 Σύγχρονη γεννήτρια.....	29
Σχήμα 2.9 Δρομέας εναλλακτήρα.....	29
Σχήμα 2.10 Δακτυλίδια εναλλακτήρα.....	29
Σχήμα 2.11 Εναλλακτήρας με εσωτερικούς πόλους.....	30
Σχήμα 2.12 Μαγνητικοί πόλοι οκταπολικού εναλλακτήρα.....	30
Σχήμα 2.13 Τετραπολικός μονοφασικός εναλλακτήρας.....	32
Σχήμα 2.14 Τετραπολικός διφασικός εναλλακτήρας.....	33
Σχήμα 2.15 Τετραπολικός τριφασικός εναλλακτήρας.....	35
Σχήμα 2.16 Σύνδεση των τυλιγμάτων των τριών φάσεων στους ακροδέκτες.....	35
Σχήμα 2.17 Σύνδεση Τριγώνου και Αστέρα.....	36
Σχήμα 2.18 Ακίνητα τμήματα της μηχανής Σ.Ρ.....	39
Σχήμα 2.19 Κινητά τμήματα της μηχανής Σ.Ρ.....	39
Σχήμα 2.20 Γεννήτρια ξένης διέγερσης.....	42
Σχήμα 2.21 Παράλληλης διέγερσης.....	43
Σχήμα 2.22 Διέγερση σειράς.....	43
Σχήμα 2.22 Σύνθετης διέγερσης.....	43
Σχήμα 3.1 Σύνδεση GENSYS με διακόπτη ισχύος.....	61
Σχήμα 3.2 Ανάλυση του GENSYS.....	62
Σχήμα 3.3 Τριφασικός μετασχηματιστής ζεύξης αστέρα – αστέρα.....	73
Σχήμα 4.1 Παραλληλισμός γεννητριών.....	77
Σχήμα 4.2 1 ^ο στάδιο παραλληλισμού με εμπορικό κέντρο.....	79
Σχήμα 4.3 Σύμβολα Σχεδίου.....	80
Σχήμα 4.4 Ανάλυση διπλής λειτουργίας.....	82
Σχήμα 4.5 Αναλυτικό σχέδιο συνδεσμολογίας της μιας γεννήτριας με το εμπορικό κέντρο και την ΑΗΚ.....	91

EΙΚΟΝΕΣ

<i>Εικόνα 1.1</i>	<i>Εικόνα από τον σταθμό στην περιοχή της Δεκελείας.....</i>	<i>14</i>
<i>Εικόνα 1.2</i>	<i>Εικόνα από τον σταθμό στην περιοχή της Μονής.....</i>	<i>14</i>
<i>Εικόνα 1.3</i>	<i>Εικόνα από τον σταθμό στην περιοχή του Βασιλικού.....</i>	<i>15</i>
<i>Εικόνα 2.1</i>	<i>Εικόνα από ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη.....</i>	<i>20</i>
<i>Εικόνα 3.1</i>	<i>Εργοστάσιο παραγωγής στον Βασιλικό μετά από έκρηξη.....</i>	<i>46</i>
<i>Εικόνα 3.2</i>	<i>Χώρος εγκατάστασης Η/Ζ στο εμπορικό κέντρο.....</i>	<i>48</i>
<i>Εικόνα 3.3</i>	<i>Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος C32.....</i>	<i>52</i>
<i>Εικόνα 3.4</i>	<i>Εικόνα ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους από την εγκατάσταση.....</i>	<i>54</i>
<i>Εικόνα 3.5</i>	<i>Εικόνα από το εσωτερικό του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους.....</i>	<i>54</i>
<i>Εικόνα 3.6</i>	<i>Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος C15.....</i>	<i>55</i>
<i>Εικόνα 3.7</i>	<i>Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος 3412C.....</i>	<i>57</i>
<i>Εικόνα 3.8</i>	<i>Εξωτερική φωτογραφία του Η/Ζ.....</i>	<i>58</i>
<i>Εικόνα 3.9</i>	<i>Καλώδια εξόδου τάσεων του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους.....</i>	<i>58</i>
<i>Εικόνα 3.10</i>	<i>Χώρος εγκατάστασης των ελεγκτών GENSYS.....</i>	<i>63</i>
<i>Εικόνα 3.11</i>	<i>Αυτόματος διακόπτης ισχύος.....</i>	<i>68</i>
<i>Εικόνα 3.12</i>	<i>Πίνακες εγκατάστασης.....</i>	<i>69</i>
<i>Εικόνα 3.13</i>	<i>Πίνακες απομακρυσμένου ελέγχου της ΑΗΚ.....</i>	<i>69</i>
<i>Εικόνα 3.14</i>	<i>Πίνακας σύνδεσης Η/Ζ με δίκτυο.....</i>	<i>71</i>
<i>Εικόνα 3.15</i>	<i>Εικόνα μετασχηματιστή από την εγκατάσταση.....</i>	<i>74</i>
<i>Εικόνα 3.16</i>	<i>Μέσα προστασίας.....</i>	<i>75</i>

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

<i>Πίνακας 1.1</i>	<i>Συνολική εγκατάσταση ισχύος.....</i>	<i>13</i>
<i>Πίνακας 1.2</i>	<i>Εξοπλισμός μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.....</i>	<i>16</i>
<i>Πίνακας 1.3</i>	<i>Εξοπλισμός διανομής.....</i>	<i>16</i>
<i>Πίνακας 3.1</i>	<i>Είδος εφεδρείας.....</i>	<i>51</i>
<i>Πίνακας 3.1</i>	<i>Μέσος χρόνος σύνδεσης H/Z με φορτία.....</i>	<i>51</i>
<i>Πίνακας 3.2</i>	<i>Χαρακτηρίστηκα H/Z C32.....</i>	<i>52</i>
<i>Πίνακας 3.3</i>	<i>Χαρακτηρίστηκα H/Z C15.....</i>	<i>56</i>
<i>Πίνακας 3.4</i>	<i>Χαρακτηρίστηκα H/Z 3412C.....</i>	<i>57</i>
<i>Πίνακας 4.1</i>	<i>Λίστες καλωδίων της εγκατάστασης.....</i>	<i>94</i>

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη και ανάλυση του εφεδρικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας σε εμπορικό κέντρο της Κύπρου με την χρήση ηλεκτροπαραγωγών ζευγών.

Το σύστημα αυτό αποτελείται από πέντε (5) διαφορετικά ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη τα οποία είναι ικανά σε περίπτωση γενικής διακοπής της κεντρικής ηλεκτροδότησης από την ΑΗΚ (Αρχή Ηλεκτρικής Ενέργειας Κύπρου) να υποστηρίξουν το εμπορικό κέντρο με όλα τα φορτία και όλες του της λειτουργίες χωρίς να υπάρξει πρόβλημα στην σωστή του λειτουργία. Επίσης, μετά από βλάβη που προέκυψε στο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Κύπρου, τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη συνδεθήκαν με το δίκτυο με σκοπό την υποστήριξη του δικτύου όταν γίνονται συντηρήσεις σταθμών παραγωγής και όταν υπάρχουν υψηλές καταναλώσεις κυρίως κατά την καλοκαιρινή περίοδο.

Πιο αναλυτικά, αυτή η πτυχιακή εργασία περιέχει:

Στο 1^ο Κεφάλαιο, την ανάλυση του ηλεκτρικού συστήματος της Κύπρου και των σταθμών παραγωγής που το αποτελούν. Αναλυτικότερα υπάρχει χάρτης του δικτύου της Κύπρου ο οποίος δείχνει τους σταθμούς παραγωγής και περιλαμβάνει τα συστήματα που υποστηρίζουν το δίκτυο ονομαζόμενα ως ‘‘Εικονικός Σταθμός Παραγωγής’’.

Στο 2^ο Κεφάλαιο γίνεται ανάλυση του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους και παρουσιάζονται τα μέρη τα οποία το αποτελούν. Γίνεται ανάλυση της μηχανής Diesel και των πλεονεκτημάτων τα οποία η συγκεκριμένη μηχανή έχει.

Επίσης στο κεφάλαιο αυτό γίνεται ανάλυση των ηλεκτρικών γεννητριών. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών οι γεννήτριες που χρησιμοποιούνται κυρίως είναι σύγχρονες εναλλασσομένου ρεύματος. Στο κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνονται όλοι οι τύποι γεννητριών όπως γεννήτριες εναλλασσομένου ρεύματος και συνεχούς, η αρχή λειτουργίας του αλλά και τα μέρη τα οποία αποτελούν την κάθε γεννήτρια.

Στο 3^ο Κεφάλαιο αναλύεται το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας του εμπορικού κέντρου. Γίνεται αναφορά στο πρόβλημα που προέκυψε στο δίκτυο και χρειάστηκε να γίνει παραλληλισμός των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών με αυτό, γίνεται αναφορά όλων των στοιχείων που αποτελούν το εφεδρικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας και στα μέσα προστασίας του συστήματος.

Στο 4^ο Κεφάλαιο παρουσιάζεται η αναλυτική συνδεσμολογία των γεννητριών και περιλαμβάνονται πληροφορίες για τον παραλληλισμό των γεννητριών. Παρουσιάζονται τα ηλεκτρολογικά σχέδια της σύνδεσης των γεννητριών με το εμπορικό κέντρο και το ηλεκτρολογικά σχέδια της παραλληλίας των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών με το ηλεκτρικό δίκτυο. Τέλος, φαίνεται η λίστα καλωδίων που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του έργου.

Λέξεις κλειδιά: εφεδρικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη, γεννήτριες, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

SUMMARY

The purpose of this thesis is the study and the analysis of the backup power system serving a commercial center with the support of electrical generators.

This back up power system consists of five different electrical generators, which are capable of supplying electricity at the commercial center in case of an electrical failure of the electricity network without stopping the function of the loads at the commercial center. Moreover, this power system has been connected to the main electricity network of Cyprus since the disaster that happened at one of the electricity production factories. The purpose of the connection is to support the network on overload cases especially during the summer or in cases of maintenance of the electrical production factories.

To be more specific, this thesis contains:

In the first chapter (Chapter 1), the analysis of the electricity network of Cyprus and the electricity production factories that it consists of. In addition, there is a map of the electricity network of Cyprus that shows the electricity production factories and it contains the connected back up power systems named “Iconic electrical production point”.

The 2nd Chapter provides information about the electrical generators. This chapter also presents the types of the generators that exist and the main parts that they are consisted of.

Chapter 3 provides all the information about the backup power system of the commercial center. It presents the malfunction that occurred in the main electricity network of Cyprus and the reasons for the paralleling the power system with the electricity network. Finally it presents all the protection measurements of the power system.

The final chapter (Chapter 4) presents the wiring diagrams of the power system with the commercial center, the wiring diagrams and functions of the paralleling of the power system with the main electricity network and the cables that the power plan is built with.

Keywords: back up power system, electrical generators, electricity production.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι η διαδικασία με την οποία παράγεται ηλεκτρική ενέργεια από άλλες μορφές ενέργειας. Οι βάσεις για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας τέθηκαν τα τέλη του 1820 και στις αρχές του 1830 από τον άγγλο επιστήμονα Michael Faraday. Η βασική αρχή των θεωρημάτων του χρησιμοποιείτε ακόμα και σήμερα με την κίνηση ενός δίσκου ανάμεσα από μαγνητικούς πόλους.

Η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται σε εργοστάσια παραγωγής ενέργειας από ηλεκτρομηχανικές γεννήτριες που κυρίως κινούνται με μηχανές καύσης οι οποίες τροφοδοτούνται από φυσικά ή χημικά καύσιμα όπως είναι ο άνθρακας ή από πυρηνική ενέργεια αλλά και από οποιαδήποτε άλλη πηγή κινητικής ενέργειας όπως αιολική ενέργεια ή κυματική ενέργεια. Τέλος, έχουν αναπτυχθεί και άλλες μορφές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας όπως είναι η ηλιακή ενέργεια, αιολική ενέργεια και η γεωθερμία.

Η ηλεκτρική ενέργεια είναι παράγωγη μορφή ενέργειας, της οποίας πολύ μεγάλες ποσότητες χρησιμοποιούνται σήμερα ευρέως.

Στην αρχή ένα κεντρικό εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας επαρκούσε για να ικανοποιήσει τις ανάγκες των καταναλωτών, οι οποίοι στις περισσότερες περιπτώσεις ήταν εγκατεστημένοι σε μια μικρή ακτίνα γύρω από αυτό.

Οι βιομηχανίες είχαν δική τους παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά επειδή, τους κόστιζε ακριβότερα, αναγκάστηκαν να συνδεθούν με τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, των οποίων οι ανάγκες παραγωγής αυξήθηκαν.

Όσο όμως μεγάλωνε ο σταθμός παραγωγής τόσο περισσότερο κάρβουνο έκαιγε με αποτέλεσμα η ρύπανση την οποία προκαλούσε να επιβαρύνει πολύ την ατμόσφαιρα. Αυτό σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η ηλεκτρική ενέργεια έχει τη δυνατότητα να μεταφέρεται σε μεγάλες αποστάσεις και ότι από οικονομικής πλευράς είναι πιο συμφέρον οι σταθμοί παραγωγής να κατασκευάζονται κοντά στις πηγές ενέργειας, οδήγησε στη μετεγκατάσταση των σταθμών παραγωγής και στην ανάπτυξη δικτύων μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα βασικά πλεονεκτήματα της ηλεκτρικής ενέργειας είναι:

- Ευκολία παραγωγής
- Ευκολία χρήσης και μεγάλη ποικιλία εφαρμογών

Βασικό μειονέκτημα της ηλεκτρικής ενέργειας είναι η αδυναμία αποθήκευσής της σε μεγάλες ποσότητες, με αποτέλεσμα να μην μπορεί να γίνει ολοκληρωτική εκμετάλλευση των Ηλεκτρικών Συστημάτων Παραγωγής και Μεταφοράς, η οποία θα οδηγούσε σε γενίκευση της χρήσης αυτής της ενεργειακής μορφής.

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι το κόστος της και στη συνέχεια η τιμή πώλησής της. Η τιμή της διαμορφώνεται ανάλογα με τις συνθήκες παραγωγής, μεταφοράς και διανομής.

Ο διαφορετικός χρόνος, τόπος και τρόπος κατανάλωσής της, καθώς και η αύξηση των τιμών άλλων πρωτογενών ενεργειακών μορφών (π.χ. πετρελαίου) έχουν ως αποτέλεσμα οι τιμές της να διαφέρουν από κοινωνία σε κοινωνία, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει ενιαία τιμή.

Αναλυτικά οι βασικοί τρόποι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από άλλες μορφές ενέργειας είναι οι εξής:

1. Στατικός ηλεκτρισμός.

Από φυσικά διαχωρισμό και μεταφορά φορτίου παραδείγματος χάριν, τριβοηλεκτρικό φαινόμενο (triboelectric effect) και κεραυνός (lightning)

2. Ηλεκτρομαγνητική επαγωγή.

Όπου η ηλεκτρική γεννήτρια μετατρέπει την κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική.

3. Ηλεκτροχημικά.

Με άμεση μετατροπή χημικής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια όπως είναι η μπαταρίες ή οι κυψέλες καυσίμου

4. Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο.

Η μετατροπή του φωτός σε ηλεκτρική ενέργεια

5. Θερμοηλεκτρικό φαινόμενο.

Η μετατροπή της διαφοράς θερμοκρασίας σε ηλεκτρική ενέργεια παραδείγματος χάριν: θερμοστοιχεία (thermocouples), θερμοπύλες (thermopiles) και θερμομετατροπείς (thermionic converters).

6. Πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο.

Από μηχανική ένταση σε ηλεκτρικούς ανισόρροπα μόρια ή κρυστάλλους

7. Πυρηνική ενέργεια.

Η δημιουργία και η επιτάχυνση φορτισμένων σωματιδίων παραδείγματος χάριν: betavoltaics or εκπομπής σωματιδίων άλφα (alpha particle).

Εμείς θα ασχοληθούμε κυρίως με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής όπου η ηλεκτρική γεννήτρια, ή το δυναμό ή ο εναλλακτήρας μετατρέπουν τη μηχανική ενέργεια (περιστροφική κίνηση) από άλλες κινητήριες μηχανές όπως π.χ. οι ατμοστρόβιλοι, οι υδροστρόβιλοι, οι αεριοστρόβιλοι και οι πετρελαιομηχανές σε ηλεκτρική ενέργεια.

1^Ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ.”

1.1 Γενικά στοιχεία

Η Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου (ΑΗΚ) βασίζεται για την παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας αποκλειστικά σε εισαγόμενα καύσιμα, κυρίως μαζούτ. Κατά το 2013 το σύνολο της παραγωγής της ΑΗΚ ήταν 4403106 MWh. Οι ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια μέσα στους Ηλεκτροπαραγωγούς Σταθμούς ήταν 3,63% της συνολικής παραγωγής ενώ η ολική κατανάλωση καυσίμων τύπου μαζούτ στους Ηλεκτροπαραγωγούς Σταθμούς ήταν 895517 μετρικοί τόνοι. Ο μέσος βαθμός απόδοσης κατά το 2013, με βάση την ολική παραγωγή και από τους τρεις Ηλεκτροπαραγωγούς Σταθμούς ήταν 33,57%. Η απαιτούμενη μέση θερμότητα ανά παραγόμενη κιλοβατώρα ήταν 10725 kJ/kWh.

1.2 Ηλεκτροπαραγωγοί σταθμοί

Επί του παρόντος, η ΑΗΚ διαθέτει τρεις Ηλεκτροπαραγωγούς Σταθμούς με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 1478 MW όπως φαίνεται αναλυτικότερα παρακάτω:

Σταθμός Βασιλικού	
3 x 130 MW Ατμοηλεκτρικές Μονάδες	390 MW
1 x 38 MW Αεριοστρόβιλος	38 MW
2 x 220 MW Μονάδες Συνδυασμένου Κύκλου	440 MW
Σταθμός Δεκέλειας	
6 x 60 MW Ατμοηλεκτρικές Μονάδες	360 MW
2 x 50 MW Μηχανές Εσωτερικής Καύσης	100 MW
Σταθμός Μονής	
4 x 37,5 MW Αεριοστρόβιλοι	150 MW
Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς	1478 MW

Πίνακας 1.1

Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς

1.2.1 Σταθμός Δεκέλειας:

Ο Σταθμός αυτός βρίσκεται στη Νοτιοανατολική ακτή της Κύπρου. Ο Σταθμός Δεκέλειας, με εγκατεστημένη ισχύ 460 MW (6 x 60MW Ατμοστρόβιλοι και 100 MW Μονάδες Εσωτερικής Καύσης), παρήγαγε κατά το 2013 το 42,9% (1.690.810 MWh) της

συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας που παρήχθη από τους Ηλεκτροπαραγωγούς Σταθμούς της ΑΗΚ, ενώ κατά την ίδια περίοδο, εξήγαγε το 42,7% (1.609.307 MWh) της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας που εξήχθη από τους Ηλεκτροπαραγωγούς Σταθμούς της Αρχής.



Εικόνα 1.1

Εικόνα του σταθμού στην περιοχή της Δεκελείας

1.2.2 Σταθμός Μονής:

Ο Η/Σ Μονής παρήγαγε κατά το 2013 το 0,2% (7555 MWh) της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας που παρήχθη από τους Ηλεκτροπαραγωγούς Σταθμούς της Αρχής, ενώ κατά την ίδια περίοδο, εξήγαγε το 0,1% (4706 MWh) της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας που εξήχθη από τους Ηλεκτροπαραγωγούς Σταθμούς της Αρχής.



Εικόνα 1.2

Εικόνα του σταθμού στην περιοχή της Μονής.

1.2.3 Σταθμός Βασιλικού:

Ο Ηλεκτροπαραγωγός Σταθμός Βασιλικού αποτελεί το μεγαλύτερο έργο υποδομής που έγινε ποτέ στην Κύπρο. Η σημασία του βασικού αυτού έργου υποδομής είναι στενά συνυφασμένη με την ευρύτερη οικονομική ανάπτυξη της Κύπρου.

Ο Σταθμός είναι έργο υψηλής τεχνολογίας και αποτελείται από:

- Τρεις συμβατικές μονάδες παραγωγής ισχύος 130 MW η κάθε μία με χρησιμοποιούμενο καύσιμο το μαζούτ. Στη μία συμβατική μονάδα των 130 MW έχει εγκατασταθεί σύστημα αποθείωσης των καυσαερίων για μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του θείου πιο κάτω από τα όρια που καθορίζονται από την Ευρωπαϊκή Οδηγία για Μεγάλες Εγκαταστάσεις Καύσης.
- Ένα αεριοστρόβιλο ισχύος 38 MW με χρησιμοποιούμενο καύσιμο το ντίζελ.
- Δυο μονάδες συνδυασμένου κύκλου 220 MW έκαστη με καύσιμο το ντίζελ και δυνατότητα μετατροπής τους για να έχουν ως καύσιμο το φυσικό αέριο.



Εικόνα 1.3

Εικόνα του σταθμού στην περιοχή του Βασιλικού

Στις 11 Ιουλίου 2011 λόγω της έκρηξης στη ναυτική βάση στο Μαρί, ο ηλεκτροπαραγωγός σταθμός του Βασιλικού που γειτνιάζει της στρατιωτικής βάσης, υπέστη βαριές απώλειες που είχαν ως αποτέλεσμα την πλήρη αναστολή των δραστηριοτήτων του. Ο σταθμός έχει αποκατασταθεί και είναι πλέον σε πλήρη λειτουργία.

Κατά το 2013, ο ηλεκτροπαραγωγός σταθμός Βασιλικού, παρήγαγε το 56,9% (2243261 MWh) της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας που παρήχθη από τους Ηλεκτροπαραγωγούς Σταθμούς της Αρχής, ενώ κατά την ίδια περίοδο, εξήγαγε το 57,2% (2156953 MWh) της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας που εξήχθη από τους Ηλεκτροπαραγωγούς Σταθμούς της Αρχής.

1.3 Χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού δικτύου.

1.3.1 Εξοπλισμός μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Γραμμές μεταφοράς 220kV που λειτουργούν σε 132kV	
Μήκος Διαδρομής	45,40 km
Μήκος Κυκλώματος	90,80 km
Γραμμές Μεταφοράς 132kV	
Μήκος Διαδρομής	426,17 km
Μήκος Κυκλώματος	773,88 km
Υπόγεια Καλώδια 132kV	
Μήκος Διαδρομής	84,99 km
Μήκος Κυκλώματος	111,28 km

Υπόγεια Καλώδια 132kV που λειτουργούν σε 66kV	
Μήκος Διαδρομής	16,22 km
Μήκος Κυκλώματος	19,93 km
Γραμμές Μεταφοράς 132kV που λειτουργούν σε 66kV	
Μήκος Διαδρομής	140,95 km
Μήκος Κυκλώματος	235,83 km
Γραμμές Μεταφοράς 66kV	
Μήκος Διαδρομής	288,20 km
Μήκος Κυκλώματος	288,20 km
Υποσταθμοί	58

Πίνακας 1.2

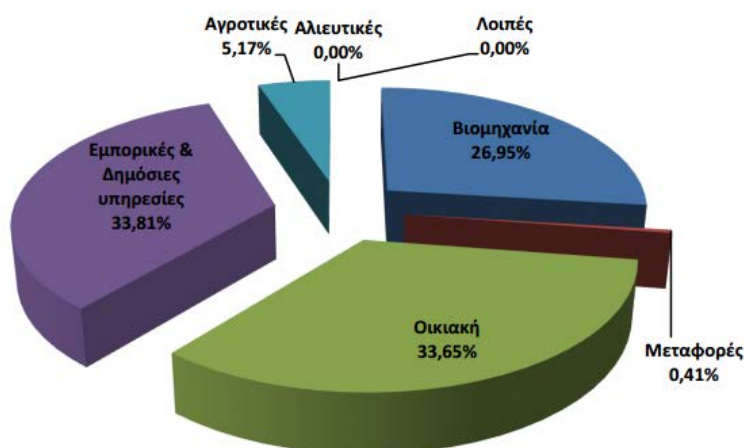
1.3.2 Εξοπλισμός διανομής.

Εναέριας Γραμμές Μέσης Τάσης	5482,38 km
Υπόγεια Καλώδια Μέσης Τάσης	3305,38 km
Εναέριας Γραμμές Χαμηλής Τάσης	9205,98 km
Υπόγεια Καλώδια Χαμηλής Τάσης	4433,90 km
Εναέριοι Μετασχηματιστές	
22 000-11 000/433/250V	Αριθμός Μ/Τ: 9267
	862234 kVA
Επίγειοι Μετασχηματιστές	
22 000-11 000/433V	Αριθμός Μ/Τ : 5507
	3083700 kVA

Πίνακας 1.3

1.3.3 Διάγραμμα κατανομής της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η κατανομή της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στους διάφορους καταναλωτές που φαίνεται παρακάτω:

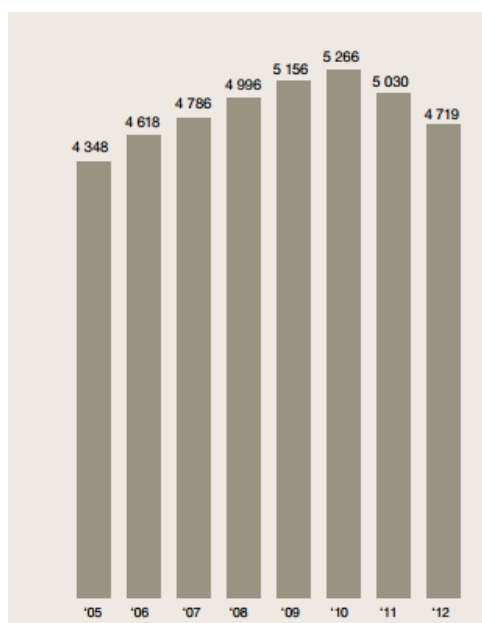


Σχήμα 1.1

Κατανομή της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας

1.3.4 Διάγραμμα της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε εκατομμύρια kWh.

Σημαντικό στοιχείο είναι η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας η οποία φαίνεται αναλυτικά στο παρακάτω διάγραμμα από το 2005 έως το 2012 οπότε έγιναν οι τελευταίες ανακοινώσεις στοιχείων.

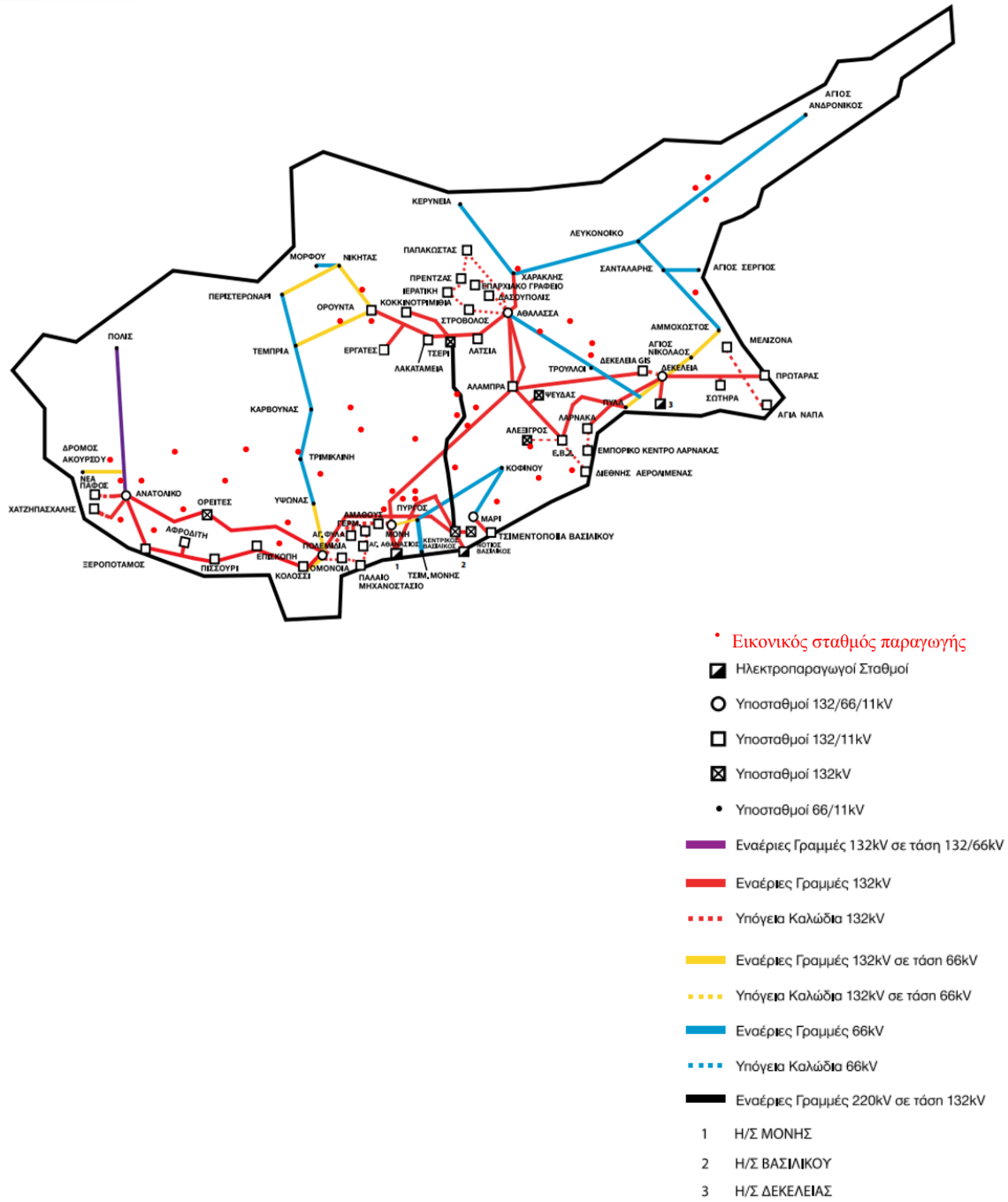


Σχήμα 1.2

Συνολική παραγωγή ενέργειας σε εκατ/ρια kWh

1.4 Χάρτης δικτύου της Κύπρου.

Παρακάτω παρουσιάζεται ο αναλυτικός χάρτης του ηλεκτρικού δικτύου της Κύπρου.



Σχήμα 1.6

Χάρτης δικτύου της Κύπρου

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΟ ΖΕΥΓΟΣ”

2.1 Γενικά

Τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη ή ηλεκτρογεννήτριες χρησιμοποιούνται ως εφεδρική πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε περίπτωση διακοπής ηλεκτροδότησης του δικτύου ΑΗΚ ή ακόμα και ως κύρια πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε περίπτωση μη ύπαρξης δικτύου ΑΗΚ ή ανεπάρκειας αυτού. Η χρήση τους είναι αναγκαία όταν θέλουμε να εξασφαλίσουμε την συνεχή λειτουργία κρίσιμων εγκαταστάσεων σε 24ωρη βάση έναντι διακοπών ηλεκτροδότησης από την κύρια πηγή ηλεκτρικής ενέργειας (ΑΗΚ). Η ισχύς τους ξεκινάει από τα 900 VA και φτάνει έως και τα 3000 KVA.

Εναλλακτικές ονομάζουμε τις σύγχρονες μηχανές – γεννήτριες εναλλασσομένου ρεύματος που χρησιμοποιούνται:

- στους μεγάλους σταθμούς παραγωγής
- σε επιχειρήσεις και εργοστάσια
- στην ηλεκτρική έλξη και στα αυτοκίνητα
- σε νοσοκομεία κλπ. ιδρύματα σε απομονωμένα σπίτια και όπου αλλού χρειαζόμαστε ηλεκτρική ενέργεια, με την οποία λειτουργούν σήμερα όλες σχεδόν οι μηχανές και συσκευές.

Υπάρχουν εφαρμογές στην πράξη, στις οποίες δεν επιτρέπεται η παραμικρή διακοπή στην παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, όπως είναι για παράδειγμα:

- ευαίσθητες βιομηχανικές και στρατιωτικές εγκαταστάσεις
- στους υπολογιστές κρατήσεως θέσεων μιας αεροπορικής εταιρίας
- στο σύστημα On-line μιας τράπεζας
- στα χειρουργεία ενός νοσοκομείου
- στα τηλεφωνικά/τηλεπικοινωνιακά κέντρα για τη διασφάλιση του αδιάλειπτου της επικοινωνίας

Επίσης υπάρχουν περιπτώσεις που το δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας για πολλούς και διάφορους λόγους δεν μπορεί να μας εξυπηρετήσει, όπως συμβαίνει για παράδειγμα:

- σε μικρές (ορεινές ή νησιώτικες κυρίως) και απομονωμένες περιοχές
- στις υπαίθριες συναυλίες και εκδηλώσεις
- σε απομονωμένα σπίτια
- σε κατασκηνώσεις

Για όλους τους παραπάνω λόγους και περιπτώσεις κατασκευάζονται και χρησιμοποιούνται ειδικά ζεύγη μηχανών - μιας κινητήριας μηχανής και μιας ηλεκτρογεννήτριας - που μας παράγουν ηλεκτρική ενέργεια, τα οποία λέγονται Ηλεκτροπαραγωγά Ζεύγη (H/Z). Το κύριο πλεονέκτημά τους είναι ότι μετακινούνται εύκολα και τοποθετούνται οπουδήποτε τα έχουμε ανάγκη.

Το πρώτο ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος δημιουργήθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1880. Σήμερα κατασκευάζονται Η/Ζ σε διάφορα μεγέθη και τύπους, ανάλογα με το σκοπό και την ισχύ τους, το είδος του ρεύματος που παράγουν κ.α. Άλλο Η/Ζ θα χρησιμοποιηθεί για παράδειγμα για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε περίπτωση ανάγκης σε ένα νοσοκομείο και άλλο για ένα απομονωμένο σπίτι.

Στα Η/Ζ μεγάλης ισχύος χρησιμοποιείται πετρελαιοκινητήρας με καύσιμο πετρέλαιο Diesel (ντιζελοκινητήρας), σχεδόν σαν αυτόν των πετρελαιοκίνητων αυτοκινήτων, αλλά με μεγαλύτερη ιπποδύναμη, ενώ στα Η/Ζ μικρής ισχύος ένας μικρός βενζινοκινητήρας. Αυτό έχει άμεση σχέση βέβαια και με το κόστος λειτουργίας των Η/Ζ, τα οποία για μεγάλες ισχύς διαθέτουν μια τριφασική σύγχρονη γεννήτρια (εναλλακτήρα), ενώ για μικρότερες ισχύς μια μονοφασική γεννήτρια (φορητή ηλεκτρογεννήτρια).

Στην παρούσα εργασία μας ενδιαφέρουν τα Η/Ζ μεγάλης ισχύος, τα οποία, είτε μόνα τους (2.2.a) είτε δύο ή περισσότερα μαζί (2.2.b), αποτελούν ουσιαστικά ένα μικρό θερμικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 2.1

Εικόνες από ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη
 a) Αυτόνομο Η/Ζ στρατιωτικών προδιαγραφών
 b) Εγκατάσταση 3^{ων} Η/Ζ στην Ολυμπιακή Αεροπορία

Το Η/Ζ παραδίνεται από τους κατασκευαστές πλήρες και έτοιμο για εγκατάσταση, με τα παρακάτω βασικά μέρη και παρελκόμενα:

- τον πετρελαιοκινητήρα
- την ηλεκτρογεννήτρια
- τον πίνακα ελέγχου και αυτοματισμού
- τη διπλή αντικραδασμική βάση
- τους συσσωρευτές με το σύστημα φόρτισής τους (μέσω Η/Ζ και μέσω δικτύου ΔΕΗ)
- το ψυγείο της μηχανής
- το σιγαστήρα και το σωλήνα απαγωγής των καυσαερίων

Τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη (Η/Ζ) διακρίνονται ανάλογα:

- με την τάση εξόδου: σε μονοφασικά και τριφασικά.
- με το σύστημα ψύξης: σε αερόψυκτα και υδρόψυκτα.
- με το είδος κινητήρα: σε πετρελαιοκίνητα και βενζινοκίνητα.
- με το κέλυφος σε: ανοιχτού τύπου (τοποθετούνται μόνο σε εσωτερικό χώρο) και με ηχομονωτικό κάλυμμα (τοποθετούνται σε εσωτερικό χώρο ή και στην ύπαιθρο).
- με τον αυτοματισμό εκκίνησης: σε χειροκίνητης λειτουργίας και αυτόματης λειτουργίας.

- με την βάση έδρασης σε: σταθερά και τροχήλατα.

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα είναι το γεγονός ότι όλα τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη (H/Z) μπορούν να κατασκευασθούν σύμφωνα με τις ιδιαιτερότητες και τις ειδικές λειτουργικές ή σχεδιαστικές απαιτήσεις του εκάστοτε πελάτη (custom made). Έτσι ο πελάτης μπορεί να ζητήσει εφόσον το επιθυμεί μεγαλύτερης χωρητικότητας ενσωματωμένη δεξαμενή καυσίμου, υψηλότερη ηχομονωτική ικανότητα (σε σχέση με την βασική ηχομονωτική έκδοση), μικρότερες διαστάσεις βάσης ή και καλύμματος σε περίπτωση όπου υπάρχει κάποιο πρόβλημα περιορισμένου χώρου τοποθέτησης, και επιλογή μεγαλύτερης ισχύος πετρελαιοκινητήρων από τους προβλεπόμενους ώστε να αυξηθεί ο συντελεστής ασφαλείας στην περίπτωση όπου υπάρξει ταυτοχρονισμός των φορτίων της εγκατάστασης.

2.2 Μηχανή Diesel

2.2.1 Εισαγωγή

Ο κινητήρας Diesel ή αλλιώς η πετρελαιομηχανή είναι μια μηχανή εσωτερικής καύσης που μετατρέπει τη θερμική ενέργεια του πετρελαίου σε κινητική ενέργεια. Μοιάζει στα κύρια μέρη του με τη βενζινομηχανή με την οποία διαφέρει κυρίως στον τρόπο ανάμειξης του αέρα με το καύσιμο καθώς και στον τρόπο ανάφλεξης του μίγματος. Οι μηχανές εσωτερικής καύσης διακρίνονται σε εμβολοφόρες και σε περιστροφικές (αεριοστρόβιλοι) και απολαμβάνουν εκτεταμένη χρήση σε αρκετούς τομείς παραγωγής ενέργειας και ισχύος, μιας και εμφανίζουν καλούς βαθμούς απόδοσης, μεγάλες αποδόσεις ισχύος και ικανοποιητική λειτουργία ακόμα και σε μερικά φορτία. Χρησιμοποιούνται κατά κόρον στις επίγειες μεταφορές και στη ναυσιπλοΐα, καθώς και σε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

2.2.2 Κατηγορίες εμβολοφόρων μηχανών

Οι εμβολοφόρες μηχανές διακρίνονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες, τους κινητήρες Otto (ή βενζινοκινητήρες) και τους κινητήρες Diesel. Η διάκριση αυτή έχει να κάνει με την αρχή λειτουργίας τους και βασίζεται στον τρόπο αναφλέξεως της κάθε μηχανής. Έτσι στους κινητήρες Otto υπάρχει πάντα ανάφλεξη με τη βοήθεια ενός εξωτερικού μέσου, συνήθως ενός ηλεκτρικού σπινθήρα, σε αντίθεση με τους κινητήρες Diesel στους οποίους υπάρχει πάντα αυτανάφλεξη ύστερα από την κατάλληλη εισαγωγή του καυσίμου εντός του κυλίνδρου.

Οι κυριότερες διαφορές που παρουσιάζουν οι κινητήρες Otto και Diesel είναι:

- Οι πετρελαιοκινητήρες δε χρησιμοποιούν σπινθηριστές για την ανάφλεξη του μίγματος. Αυτή επιτυγχάνεται με την υψηλή θερμοκρασία που αναπτύσσεται κατά τη συμπίεση μέσα στον κύλινδρο.
- Στο σύστημα ψεκασμού του καυσίμου: Οι κινητήρες Diesel δε διαθέτουν αναμεικτήρα (carburetor) και ο ψεκασμός γίνεται απευθείας στον κύλινδρο, σε αντίθεση με την πλειονότητα των κινητήρων Otto.
- Η μηχανή Diesel έχει μεγαλύτερο εξωτερικό όγκο και μεγαλύτερο κυβισμό από μια βενζινομηχανή της ίδιας ισχύος.

- Η μηχανή Diesel κατά τη λειτουργία της σε χαμηλές στροφές προκαλεί ισχυρούς και χαρακτηριστικούς κτύπους, ενώ η βενζινομηχανή στις ίδιες στροφές λειτουργεί στρωτά και χωρίς θόρυβο.
- Τέλος βασική διαφορά είναι αυτή που υπάρχει στους κύκλους λειτουργίας των δύο μηχανών. Αυτή παρατηρείται στις φάσεις της Εισαγωγής και της Εκτόνωσης, που θα παρουσιαστούν παρακάτω. Στον χρόνο της Εισαγωγής, στη μηχανή Diesel εισέρχεται ατμοσφαιρικός αέρας, ενώ στη βενζινομηχανή μίγμα αέρα-βενζίνης. Επίσης, κατά το χρόνο εκτόνωσης στη μηχανή Diesel η καύση του μίγματος πετρελαίου αέρα γίνεται υπό σταθερή πίεση, ενώ στον αντίστοιχο χρόνο της βενζινομηχανής, η καύση του μίγματος αέρα βενζίνης γίνεται υπό σταθερό όγκο.

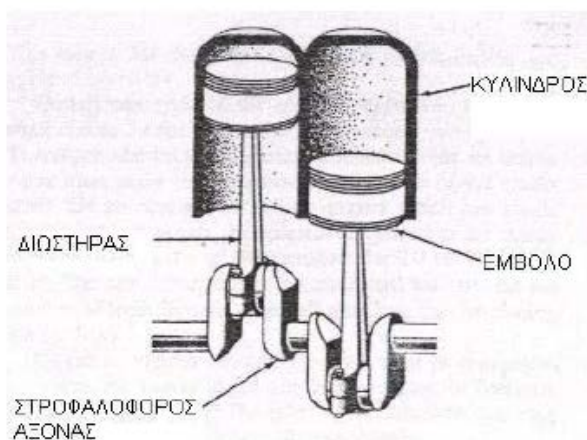
2.2.3 Τα βασικά πλεονεκτήματα κινητήρα Diesel

Ο κινητήρας Diesel παρουσιάζει αρκετά σημαντικά πλεονεκτήματα. Παρακάτω αναφέρονται μερικά από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα:

- Ο κινητήρας Diesel παρουσιάζει μεγάλο βαθμό συμπίεσης το οποίο οδηγεί βελτίωση του βαθμού απόδοσης του κινητήρα και μειώσει της κατανάλωσης καυσίμου.
- Ο βαθμός απόδοσης του κινητήρα Diesel εξαρτάται ελαφρά από το φορτίο στο οποίο λειτουργεί, με αποτέλεσμα να παρουσιάζει καλούς βαθμούς απόδοσης σε όλα σχεδόν τα φορτία.
- Τέλος, σε οικονομικό επίπεδο ο κινητήρας Diesel χρησιμοποιεί καύσιμο λιγότερο πτητικό της βενζίνης το οποίο είναι σχετικά φθηνότερο, όπως επίσης μπορεί να χρησιμοποιεί και σχετικά βαριά καύσιμα που έχουν χαμηλό κόστος.

2.2.4 Τα στοιχειώδη μέρη των εμβολοφόρων κινητήρων

Οι εμβολοφόροι κινητήρες, όπως ο κινητήρας Diesel και ο βενζινοκινητήρας έχουν μία βασική δομή η οποία φαίνεται στο σχήμα 2.2



Σχήμα 2.1

Βασική δομή εμβολοφόρων κινητήρων

Οι εμβολοφόροι κινητήρες αποτελούνται από ένα σύστημα κυλίνδρου – εμβόλου. Το έμβολο εκτελεί παλινδρομική κίνηση μέσα στον κύλινδρο υπό την πίεση που ασκούν σε αυτό τα

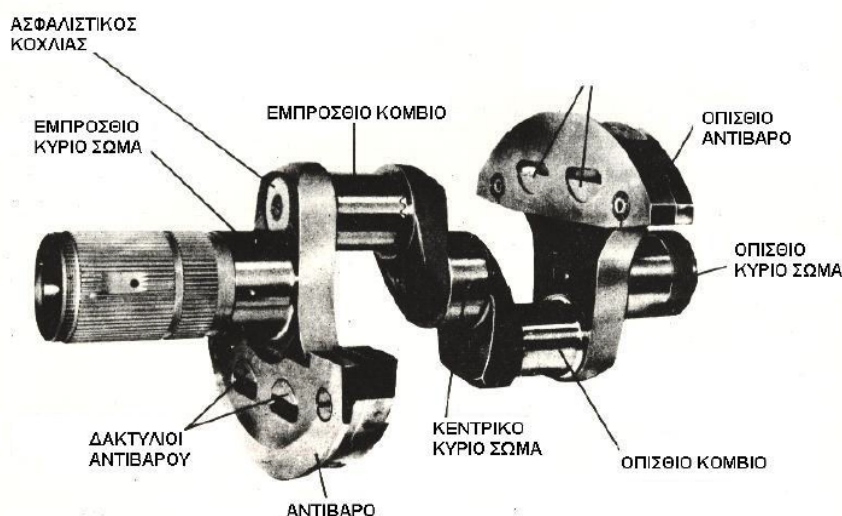
καυσαέρια από την καύση του καυσίμου. Η παλινδρομική αυτή κίνηση του εμβόλου μεταδίδεται ως περιστροφική στον άξονα του κινητήρα με κατάλληλο μηχανισμό που αποτελείται από το διωστήρα και το στρόφαλο. Ο άξονας του κινητήρα δίνει το μηχανικό έργο. Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά τα κύρια εξαρτήματα των παλινδρομικών κινητήρων (βενζινοκίνητων ή πετρελαιοκίνητων):

➤ **Στροφαλοθάλαμος (Crankcase):**

Αποτελεί το βασικό τμήμα του κινητήρα καθώς μέσα σε αυτόν βρίσκονται οι μηχανισμοί που περιβάλλουν το στρόφαλο και διάφορα άλλα εξαρτήματα.

➤ **Στροφαλοφόρος άξονας (Crankshaft):**

Είναι ο άξονας στον οποίο αποδίδεται η ισχύς που παράγει ο κινητήρας. Οι στρόφαλοί του στηρίζουν τους διωστήρες που συνδέονται με τα έμβολα. Με τον τρόπο αυτό, η παλινδρομική κίνηση που πραγματοποιείται από τα έμβολα μετατρέπεται σε περιστροφική και επιτυγχάνεται η κίνηση του έλικα. Τα βασικά του κομμάτια φαίνονται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 2.2

Βασικά κομμάτια στροφαλοφόρου άξονα

➤ **Διωστήρας (Connecting Rod):**

Είναι ο σύνδεσμος που μεταφέρει δυνάμεις από τα έμβολα στο στροφαλοφόρο άξονα του κινητήρα. ουσιαστικά, ο διωστήρας είναι μία ευθύγραμμη ράβδος με πεπλατυσμένα τα δύο της άκρα και τέτοια διατομή, ώστε να εξασφαλίζεται μέγιστη αντοχή με μικρό βάρος. Σε αρκετές περιπτώσεις, στο εσωτερικό του διωστήρα, υπάρχει εσωτερική οπή για τη μεταφορά ελαίου για τη λίπανση του χιτωνίου και του άνω τμήματος του εμβόλου.

➤ **Έμβολο (Piston):**

Εκτελεί παλινδρομικές κινήσεις μέσα στον κύλινδρο μεταξύ δύο ακραίων θέσεων. Είναι το εξάρτημα που μεταφέρει τη δύναμη των καυσαερίων που παράγονται από την καύση του μείγματος αέρα – καυσίμου και εκτονώνονται μέσα στον κύλινδρο του κινητήρα.

➤ **Έδρανα ή Τριβείς (Bearings):**

Αποτελούν τα σημεία στήριξης του άξονα στον κινητήρα επιτρέποντας παράλληλα την περιστροφή του σε σχέση με το σώμα (μη περιστρεφόμενο μέρος) του κινητήρα. Ανάλογα με τη διεύθυνση του φορτίου, διακρίνονται σε:

- Έδρανα εγκάρσια ή ακτινικά (δέχονται το φορτίο στη διεύθυνση της ακτίνας τους)
- Έδρανα αξονικά (δέχονται φορτίο κατά το νοητό άξονά τους).

Η βασική τους χρήση είναι το άνοιγμα και το κλείσιμο των διόδων του αέρα στο θάλαμο καύσης του κινητήρα. Μία σειρά διόδων ονομάζεται εισαγωγή και από εκεί εισέρχεται στον κύλινδρο το μείγμα καυσίμου – αέρα (στους πετρελαιοκινητήρες εισέρχεται μόνο αέρας). Μία άλλη σειρά ονομάζεται εξαγωγή και αποτελεί το δρόμο διαφυγής των καυσαερίων της καύσης από τον κύλινδρο. Κάθε κύλινδρος πρέπει να έχει τουλάχιστον μία βαλβίδα εισαγωγής και μία βαλβίδα εξαγωγής.

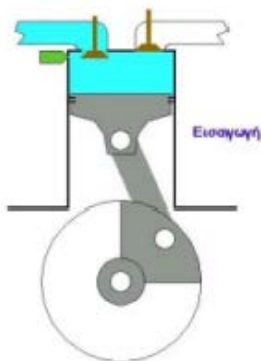
➤ Κύλινδρος (Cylinder):

Είναι το τμήμα του κινητήρα όπου κινείται το έμβολο και πραγματοποιείται η καύση του μείγματος αέρα – καυσίμου (θάλαμος καύσης). Στο άνω μέρος του στηρίζονται οι βαλβίδες και ένα τμήμα του μηχανισμού κίνησής τους καθώς και οι σπινθηριστές (μπουζί). Η κεφαλή του κυλίνδρου σχηματίζει, μαζί με τα τοιχώματά του σώματος και του χιτωνίου, το θάλαμο καύσης. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, στην περίπτωση της μηχανής Diesel δεν υπάρχει σπινθηριστής.

Εκτός από τα κύρια εξαρτήματα, η λειτουργία των εμβολοφόρων κινητήρων στηρίζεται και στα δευτερεύοντα εξαρτήματα τα οποία προσαρμόζονται στη βασική δομή τους. Τέτοια είναι η αντλία και το φίλτρο λαδιού, η αντλία και το φίλτρο καυσίμου, διάφορα συστήματα γραναζιών, το σύστημα έναυσης, το σύστημα ψύξης και είναι απαραίτητα για την κανονική λειτουργία του κινητήρα.

2.2.5 Κύκλος λειτουργίας τετράχρονου κινητήρα Diesel

Ο θεωρητικός κύκλος λειτουργίας του τετράχρονου πετρελαιοκινητήρα ολοκληρώνεται με τέσσερις διαδρομές του εμβόλου ή δύο διαδρομές του στροφαλοφόρου άξονα. Αναλυτικά:



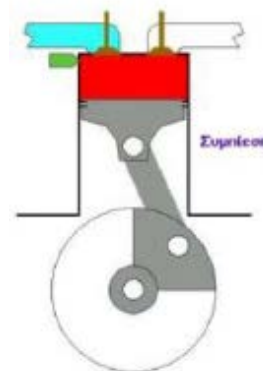
Σχήμα 2.3 Εισαγωγή

1ος χρόνος - Αναρρόφηση ή εισαγωγή:

Το έμβολο κινείται από το ΑΝΣ (Άνω Νεκρό Σημείο) προς το ΚΝΣ (Κάτω Νεκρό Σημείο). Η βαλβίδα εισαγωγής είναι ανοικτή ενώ η βαλβίδα εξαγωγής κλειστή, όπως επίσης και ο εγχυτήρας καυσίμου. Η μετατόπιση του εμβόλου δημιουργεί υποπίεση στον κύλινδρο με συνέπεια την εισροή αέρα – και όχι μείγματος όπως στον αντίστοιχο βενζινοκινητήρα - σε αυτόν από τη βαλβίδα εισαγωγής. Όταν το έμβολο φτάσει στο ΚΝΣ, η βαλβίδα εισαγωγής κλείνει

2ος χρόνος – Συμπίεση:

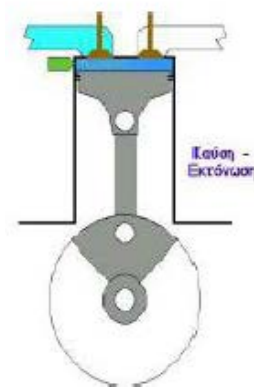
Το έμβολο κινείται από το ΚΝΣ προς το ΑΝΣ. Οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής είναι κλειστές, όπως και ο εγχυτήρας καυσίμου. Όταν το έμβολο φτάσει στο ΑΝΣ, η πίεση του αέρα στον κύλινδρο έχει ανέλθει στα 30 bar έως 40 bar και η θερμοκρασία στους 600°C έως 700°C περίπου. Σημειώνουμε ότι στο τέλος του 2ου χρόνου του αντίστοιχου βενζινοκινητήρα, οι συνθήκες είναι τέτοιες ώστε ο σπινθηριστής δίνει έναυση στο συμπιεσμένο μείγμα αέρα – καυσίμου – καυσαερίων.



Σχήμα 2.4 Συμπίεση

3ος χρόνος – Καύση και Εκτόνωση:

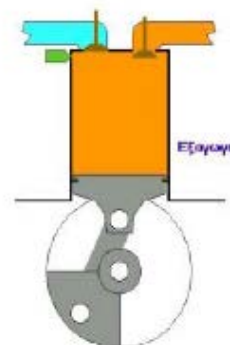
Το έμβολο κινείται από το ΑΝΣ προς το ΚΝΣ. Στην αρχή του χρόνου αυτού πραγματοποιείται η έγχυση του πετρελαίου σε μορφή σταγονιδίων. Αυτά αναμειγνύονται με το συμπιεσμένο αέρα, η υψηλή θερμοκρασία του οποίου – μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία στην οποία αυταναφλέγεται το πετρέλαιο - οδηγεί στην έναρξη της καύσης του μείγματος. Η διάρκεια της ανάμειξης του καυσίμου με το οξυγόνο, ονομάζεται χρόνος καθυστέρησης της ανάφλεξης. Η όλη διεργασία λαμβάνει το 1/10 του 3ου χρόνου. Στο υπόλοιπο του χρόνου πραγματοποιείται εκτόνωση, οπότε το έμβολο παράγει μηχανικό έργο. Κατά την κίνηση του εμβόλου προς τα κάτω διακόπτεται ο ψεκασμός του καυσίμου, και μειώνεται ομαλά η πίεση του κυλίνδρου λόγω της αύξησης του όγκου του.



Σχήμα 2.5 Καύση και Εκτόνωση

4ος χρόνος – Εξαγωγή:

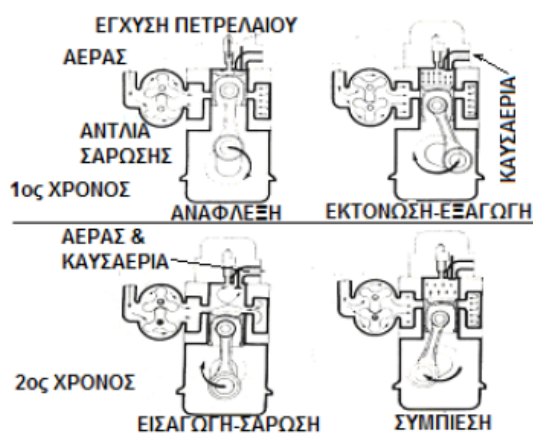
Το έμβολο κινείται από το ΚΝΣ προς το ΑΝΣ. Η βαλβίδα εισαγωγής και ο εγχυτήρας καυσίμου έχουν κλείσει. Τα καυσαέρια εξέρχονται στην ατμόσφαιρα από τη βαλβίδα εξαγωγής λόγω της κίνησης του εμβόλου. Όταν το έμβολο φτάσει στο ΑΝΣ, ο κινητήρας έχει συμπληρώσει τον κύκλο λειτουργίας και οι συνθήκες είναι κατάλληλες για την έναρξη του επόμενου κύκλου.



Σχήμα 2.6 Εξαγωγή

2.2.6 Κύκλος λειτουργίας δίχρονου κινητήρα Diesel

Οι θεωρητικοί χρόνοι λειτουργίας του δίχρονου πετρελαιοκινητήρα φαίνονται στο Σχήμα 2.8 και αναλύονται αμέσως μετά:



Σχήμα 2.7 Κύκλος λειτουργίας

1ος χρόνος:

Στο χρόνο αυτό λαμβάνουν χώρα η καύση, η εκτόνωση των καυσαερίων και η έναρξη της εξαγωγής τους, η εισαγωγή ατμοσφαιρικού αέρα και η σάρωση του κυλίνδρου. Αρχικά, το έμβολο βρίσκεται στο ΑΝΣ. Εκεί αρχίζει η έγχυση του καυσίμου η διάρκεια της οποίας είναι το 1/10 του πλήρους χρόνου. Το μείγμα αέρα - καυσίμου έχει συμπιεσθεί, βρίσκεται σε υψηλή θερμοκρασία οπότε επιτυγχάνεται η αυτανάφλεξη και η καύση του. Ακολουθεί η εκτόνωση των καυσαερίων η οποία ωθεί το έμβολο προς το ΚΝΣ. Πριν το έμβολο φτάσει εκεί, ανοίγει διαδοχικά τις θυρίδες εξαγωγής – οπότε και μεγάλο μέρος των καυσαερίων εξέρχονται του κυλίνδρου - και εισαγωγής οπότε και η πίεση των υπόλοιπων καυσαερίων γίνεται μικρότερη από την πίεση του αέρα στο χώρο τριγύρω από τις θυρίδες εισαγωγής. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την εισροή καθαρού αέρα στον κύλινδρο και τη σάρωση των υπόλοιπων καυσαερίων από αυτόν.

2ος χρόνος:

Το έμβολο κινείται από το ΚΝΣ προς το ΑΝΣ. Στη διαδρομή του κλείνει τις θυρίδες εισαγωγής οπότε και σταματά η εισαγωγή ατμοσφαιρικού αέρα καθώς και η σάρωση του κυλίνδρου. Στη συνέχεια, το έμβολο κλείνει τις θυρίδες εξαγωγής οπότε και ξεκινά η συμπίεση του ατμοσφαιρικού αέρα που υπάρχει στον κύλινδρο. Όταν το έμβολο φτάσει στο ΑΝΣ ξεκινά η έναυση του καυσίμου. Συνοπτικά, λοιπόν, κατά τη διάρκεια του 2ου χρόνου πραγματοποιούνται η αποπεράτωση της σάρωσης του κυλίνδρου και της εισαγωγής ατμοσφαιρικού αέρα σε αυτόν, η συμπίεση του ατμοσφαιρικού αυτού αέρα και η έγχυση του καυσίμου.

2.2.7 Σύγκριση δίχρονων-τετράχρονων μηχανών Diesel*2.2.7.1 Πλεονεκτήματα δίχρονων μηχανών Diesel*

- Σε μια δίχρονη μηχανή Diesel το αποδιδόμενο ανά κύκλο ωφέλιμο έργο, συγκριτικά με μια τετράχρονη μηχανή, είναι μεγαλύτερο (θεωρητικά το διπλάσιο από το ωφέλιμο έργο που αποδίδεται από μια τετράχρονη μηχανή με τις ίδιες διαστάσεις). Αυτό κυρίως οφείλεται στο ότι κάθε κύλινδρος μιας τετράχρονης μηχανής παράγει ωφέλιμο έργο σε κάθε τέσσερις διαδρομές του εμβόλου, ενώ κάθε κύλινδρος μιας δίχρονης παράγει έργο σε κάθε δύο διαδρομές του εμβόλου.
- Κάτι άλλο που συναντάμε στις δίχρονες μηχανές είναι η απλότητα τους, όπου ο αριθμός των βαλβίδων είναι μικρότερος ή και δεν υπάρχουν καθόλου βαλβίδες σε αντίθεση με τις τετράχρονες, όπου έχουμε απαραίτητα βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής, κάτι που τις κάνει πολύπλοκες όσον αφορά στην λειτουργία των βαλβίδων.
- Τέλος, σε μια δίχρονη μηχανή ίδιων διαστάσεων η ροπή στρέψεως είναι πιο ομοιόμορφη από τη ροπή στρέψεως μιας τετράχρονης. Αυτό συμβαίνει γιατί στην τετράχρονη έχουμε απόδοση έργου για κάθε στρόφαλο της μηχανής κάθε δύο στροφές ενώ στην δίχρονη σε κάθε μία στροφή.

2.2.7.2 Μειονεκτήματα δίχρονων μηχανών Diesel

- Στις δίχρονες μηχανές συναντάμε δυσκολίες στην απόπλυση του κυλίνδρου από τα καυσαέρια και γι' αυτό διατηρούνται επί ορισμένο χρόνο συγχρόνως ανοιχτές οι

θυρίδες εξαγωγής και σαρώσεως. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τις τετράχρονες μηχανές όπου ο καθαρισμός του κυλίνδρου από τα καυσαέρια είναι πιο εύκολος και απλός.

- Η διάρκεια της εκτόνωσης των καυσαερίων σε κάθε κύλινδρο μιας δίχρονης μηχανής είναι συνήθως μικρότερη από την αντίστοιχη εκτόνωση σε κάθε κύλινδρο μιας τετράχρονης μηχανής, γεγονός που επηρεάζει ελαφρά το βαθμό απόδοσης της μηχανής.
- Ο χρόνος για την εκτέλεση των διαφόρων φάσεων λειτουργίας στις δίχρονες μηχανές είναι περιορισμένος, κάτι που δεν συμβαίνει στις τετράχρονες όπου όλες οι φάσεις (π.χ. σάρωση, εξαγωγή) διαρκούν περισσότερο με αποτέλεσμα να έχουμε περισσότερη άνεση χρόνου.
- Τέλος, οι δίχρονες μηχανές θεωρούνται ακατάλληλες για λειτουργία σε μεγάλο αριθμό στροφών. Αυτό είναι αποτέλεσμα της δύσκολης απαγωγής της θερμότητας από τις δίχρονες μηχανές, κάτι το οποίο οφείλεται στο γεγονός ότι οι καταπονήσεις των δομικών τμημάτων της δίχρονης μηχανής είναι πολύ μεγάλες σε σύγκριση με τις τετράχρονες.

2.3 Ηλεκτρικές γεννήτριες

Οι ηλεκτρικές μηχανές ανάλογα με τον σκοπό που εξυπηρετούν διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- Στις ηλεκτρικές γεννήτριες
- Στους ηλεκτρικούς κινητήρες

Οι ηλεκτρικές γεννήτριες είναι μηχανές οι οποίες παραλαμβάνουν μηχανική ενέργεια και αποδίδουν ηλεκτρική ενέργεια.

Οι ηλεκτρικοί κινητήρες είναι μηχανές οι οποίες παραλαμβάνουν ηλεκτρική ενέργεια και αποδίδουν μηχανική ενέργεια.

Ανάλογα με το είδος του ηλεκτρικού ρεύματος που παράγουν οι γεννήτριες διακρίνονται σε γεννήτριες συνεχούς ρεύματος και σε γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος. Για να δώσουν οι γεννήτριες ηλεκτρική ενέργεια, πρέπει, όπως αναφέραμε, να πάρουν περιστροφική κίνηση (μηχανική ενέργεια) από άλλες μηχανές, οι οποίες ονομάζονται κινητήριες μηχανές.

Τα είδη αυτών των μηχανών ανάλογα με την ενέργεια που χρησιμοποιούν ονομάζονται ατμοστρόβιλοι ή υδροστρόβιλοι (θερμική ενέργεια καυσίμων ή υδραυλική ενέργεια του νερού - υδατόπτωση). Άλλες κινητήριες μηχανές, οι οποίες χρησιμοποιούνται σε μικρούς σχετικά σταθμούς παραγωγής, είναι οι αεριοστρόβιλοι και οι πετρελαιομηχανές ή μηχανές εσωτερικής καύσης.

Εκτός από τις γεννήτριες και τους κινητήρες υπάρχουν και άλλες ηλεκτρικές μηχανές, οι οποίες χρησιμοποιούνται για να μετατρέπουν το είδος ή τα χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού ρεύματος.

Οι μηχανές αυτές είναι:

- οι μετασχηματιστές: παραλαμβάνουν ηλεκτρική ενέργεια από μια πηγή και την αποδίδουν σε μία ή περισσότερες καταναλώσεις. Δηλαδή, μετασχηματίζουν τους παράγοντες της ηλεκτρικής ισχύος, την τάση και την ένταση ($P = V \cdot I$).
- οι στρεφόμενοι μετατροπείς και τα ζεύγη κινητήρα γεννήτριας: χρησιμοποιούνται στην μετατροπή του εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνεχές και αντίστροφα.
- οι ανορθωτές: χρησιμοποιούνται για τη μετατροπή του εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνεχές.

2.3.1 Γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος (E.P.)

Οι γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- α) Στις σύγχρονες γεννήτριες ή εναλλακτήρες.
- β) Στις ασύγχρονες γεννήτριες

- Οι σύγχρονες γεννήτριες παράγουν E.P. και υπάρχει σταθερή σχέση ανάμεσα στην ταχύτητα περιστροφής της γεννήτριας και της συχνότητας του ρεύματος.
- Οι ασύγχρονες γεννήτριες παράγουν E.P., του οποίου η συχνότητα είναι ανεξάρτητη της ταχύτητας περιστροφής της γεννήτριας.

2.3.2 Τύποι και κατασκευή εναλλακτών

Τόσο οι σύγχρονες όσο και οι ασύγχρονες μηχανές είναι αναστρέψιμες, μπορούν δηλαδή να λειτουργήσουν και ως κινητήρες.

Σχετικά με την κατασκευή των εναλλακτών και κυρίως με τη διάταξη των μαγνητικών πόλων τους διακρίνουμε τις εξής κατηγορίες:

- i. Εναλλακτήρες με εξωτερικούς πόλους.
- ii. Εναλλακτήρες με εσωτερικούς ή περιστρεφόμενους πόλους.

Οι εναλλακτήρες με περιστρεφόμενους πόλους ονομάζονται στροβιλοεναλλακτήρες και αποτελούν ιδιαίτερη ομάδα εναλλακτών.

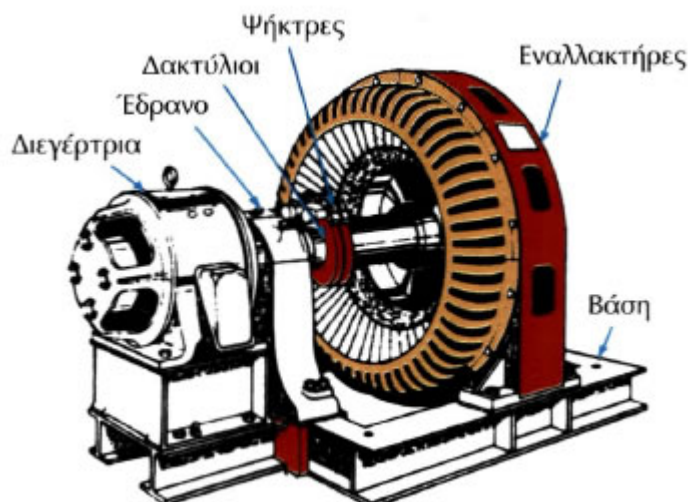
- α) Εναλλακτήρες με εξωτερικούς πόλους.

Ονομάζονται εναλλακτήρες με εξωτερικούς πόλους, επειδή οι πόλοι τους βρίσκονται στο στάτη και περιβάλλουν τα επαγωγίματα.

Επίσης ονομάζονται και εναλλακτήρες σταθερών πόλων επειδή οι πόλοι τους παραμένουν σταθεροί (δεν περιστρέφονται).

Ο στάτης των εναλλακτών με εξωτερικούς πόλους μοιάζει κατασκευαστικά με το στάτη των μηχανών Σ.Ρ., στις οποίες οι μαγνητικοί πόλοι είναι στερεωμένοι στο στάτη.

Τα τυλίγματα των πόλων (διέγερσης) τροφοδοτούνται με συνεχές ρεύμα από πηγή, η οποία καλείται διεγέρτρια. Η διεγέρτρια είναι συνήθως συνδεδεμένη απευθείας στον άξονα του εναλλακτήρα, από τον οποίο παίρνει κίνηση, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.8

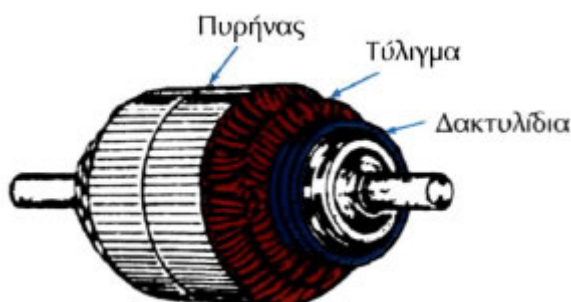


Σχήμα 2.8

Σύγχρονη γεννήτρια

Ο δρομέας αυτών των εναλλακτών φέρει το επαγωγικό τύμπανο, όπως και ο δρομέας των μηχανών Σ.Ρ.

Στα διάκενα των οδοντώσεων (αυλάκια) του πυρήνα του επαγωγικού τυμπάνου είναι τοποθετημένα τα τυλίγματα (σχήμα 2.9).

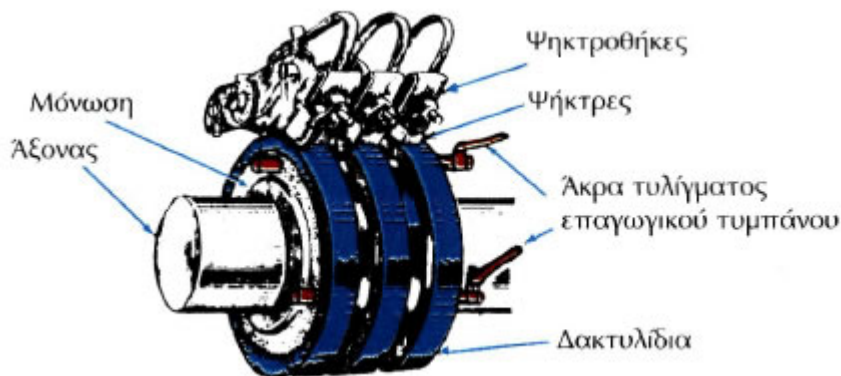


Σχήμα 2.9

Δρομέας εναλλακτήρα

Στους εναλλακτές με εξωτερικούς πόλους δεν υπάρχει συλλέκτης αλλά δακτύλιοι κατασκευασμένοι από ορείχαλκο. Ο αριθμός των δακτυλίων είναι 2, 3 ή 4, ανάλογα με τον αριθμό των φάσεων του εναλλακτήρα.

Οι δακτύλιοι είναι στερεωμένοι στον άξονα του δρομέα και είναι μονωμένοι μεταξύ τους, αλλά και με τον άξονα (σχήμα 2.10).



Σχήμα 2.10

Δακτυλίδια εναλλακτήρα

Το εναλλασσόμενο ρεύμα, το οποίο αναπτύσσεται στο τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου, οδηγείται από τους δακτυλίους και από τις ψήκτρες που εφάπτονται σ' αυτούς στους ακροδέκτες του εναλλακτήρα. Σ' αυτούς τους ακροδέκτες συνδέεται το φορτίο το οποίο θέλουμε να τροφοδοτήσουμε με εναλλασσόμενο ρεύμα. Επειδή ο ίδιος εναλλακτήρας εξασφαλίζει το ρεύμα διέγερσης του, ονομάζεται και αυτοδιεγερόμενες εναλλακτήρας.

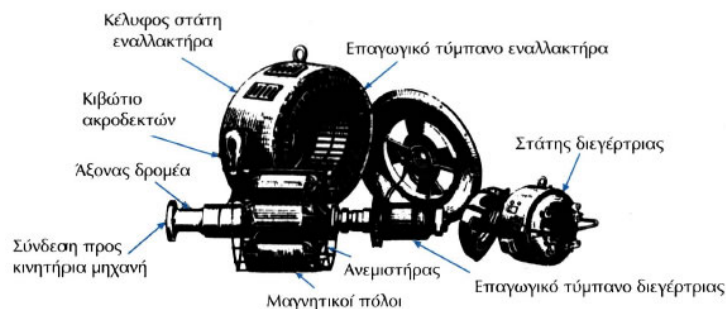
β) Εναλλακτήρες με εσωτερικούς πόλους.

Ονομάζονται και εναλλακτήρες στρεφόμενων πόλων, επειδή οι μαγνητικοί πόλοι τους είναι στερεωμένοι στον άξονα της μηχανής και περιστρέφονται μαζί με αυτόν.

Στο σχήμα 2.11, στο οποίο παριστάνεται αποσυναρμολογημένος εναλλακτήρας με περιστρεφόμενους πόλους, διακρίνονται τα διάφορα μέρη από τα οποία αποτελείται.

Ο στάτης αποτελείται από ένα εξωτερικό κέλυφος κατασκευασμένο συνήθως από χαλύβδινα ελάσματα. Στο στάτη τοποθετείται και στερεώνεται το επαγωγικό τύμπανο.

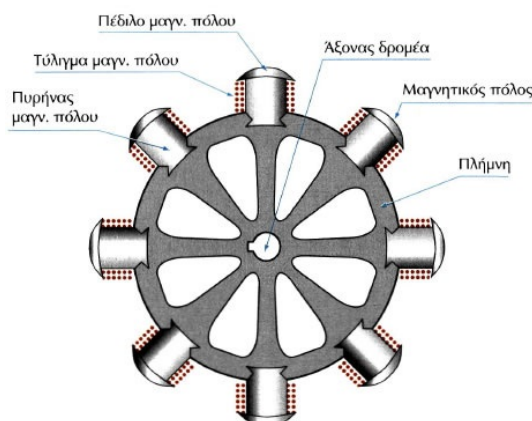
Το επαγωγικό τύμπανο αποτελείται από τον πυρήνα και από το τύλιγμα. Στα αυλάκια του τυμπάνου αυτού τοποθετείται το τύλιγμα. Το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου κατασκευάζεται από μονωμένους χάλκινους αγωγούς. Το τύλιγμα μπορεί να είναι μονοφασικό ή πολυφασικό, οπότε θα φέρει και τα αντίστοιχα άκρα για τη σύνδεση του φορτίου. Το τριφασικό τύλιγμα π.χ. δίνει τρία ή τέσσερα, άκρα όταν έχει και ουδέτερο αγωγό.



Σχήμα 2.11

Εναλλακτήρας με εσωτερικούς πόλους.

Ο δρομέας στους εναλλακτήρες με εσωτερικούς πόλους φέρει τους μαγνητικούς πόλους της μηχανής (σχ. 2.12).



Σχήμα 2.12

Μαγνητικοί πόλοι οκταπολικού εναλλακτήρα

Τα τυλίγματα των πόλων συνδέονται έτσι μεταξύ τους, ώστε οι διαδοχικοί πόλοι να έχουν αντίθετη πολικότητα.

Τα δύο άκρα που απομένουν μετά τη σύνδεση των πόλων μεταξύ τους, οδηγούνται σε δύο δακτυλίους, οι οποίοι είναι στερεωμένοι στον άξονα του δρομέα. Οι ψήκτρες, οι οποίες

ολισθαίνουν στους δακτυλίους, είναι συνδεδεμένες με την πηγή Σ.Ρ., απ' όπου θα ληφθεί το ρεύμα διέγερσης.

γ) Στροβιλοεναλλακτήρες

Οι στροβιλοεναλλακτήρες είναι εναλλακτήρες με περιστρεφόμενους πόλους, διαφέρουν όμως από τους κοινούς στα εξής σημεία:

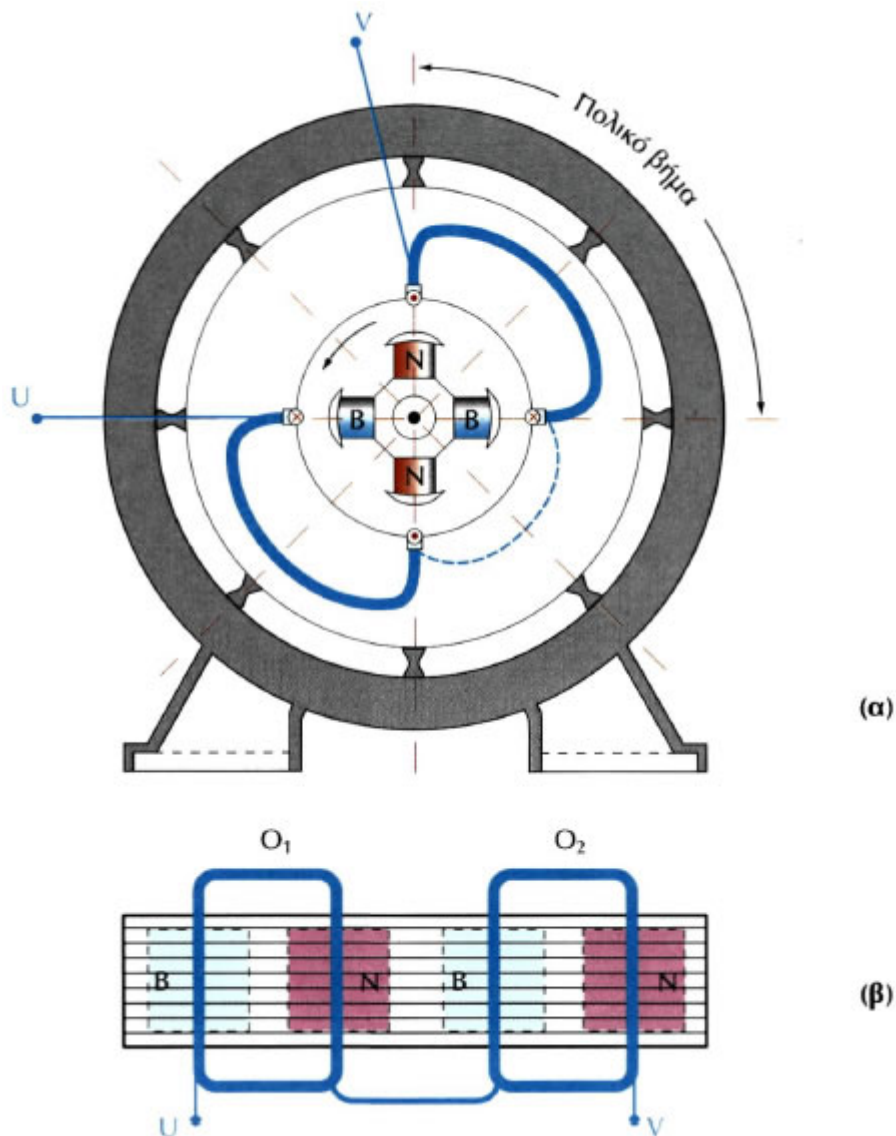
- a. Στην κατασκευή του δρομέα, καθώς δεν υπάρχουν προεξέχοντες μαγνητικοί πόλοι με σιδηροπυρήνα και τύλιγμα, όπως στους κοινούς εναλλακτήρες με εσωτερικούς πόλους.
Δηλαδή, ο δρομέας αποτελείται από ένα χαλύβδινο κυλινδρικό τύμπανο, το οποίο φέρει αυλάκια παράλληλα προς τον άξονα. Στα αυλάκια αυτά τοποθετείται το τύλιγμα διέγερσης, το οποίο σχηματίζει τους πόλους. Το τύλιγμα διέγερσης τροφοδοτείται με Σ.Ρ. μέσω των δακτυλίων από τη διεγέρτρια.
- b. Στην ειδική διαμόρφωση, η οποία συνήθως δίνεται στο κέλυφος του στάτη, ώστε να εξασφαλιστεί η ψύξη της μηχανής. Η ψύξη επιτυγχάνεται με τους εξής τρόπους:
 - a. Με τον περιβάλλοντα ατμοσφαιρικό αέρα.
 - b. Με κλειστό κύκλωμα ατμοσφαιρικού αέρα.
 - c. Με κλειστό κύκλωμα υδρογόνου.

2.3.3 Τύποι εναλλακτών

2.3.3.1 Μονοφασικοί εναλλακτές

Στο σχήμα 2.13α απεικονίζεται, με την απλούστερη μορφή του, ένας τετραπολικός μονοφασικός εναλλακτής με εσωτερικούς πόλους. Τα άκρα U και V του τυλίγματος συνδέονται με τους ακροδέκτες του εναλλακτήρα. Στους ακροδέκτες του εναλλακτήρα είναι δυνατό να συνδέσουμε μονοφασικό φορτίο και να το τροφοδοτήσουμε με Ε.Ρ. Ο εναλλακτής τότε ονομάζεται μονοφασικός εναλλακτής, και το τύλιγμα του τυμπάνου μονοφασικό τύλιγμα.

Στο σχήμα 2.13β φαίνεται το τύλιγμα στο ανάπτυγμα του επαγωγικού τυμπάνου.



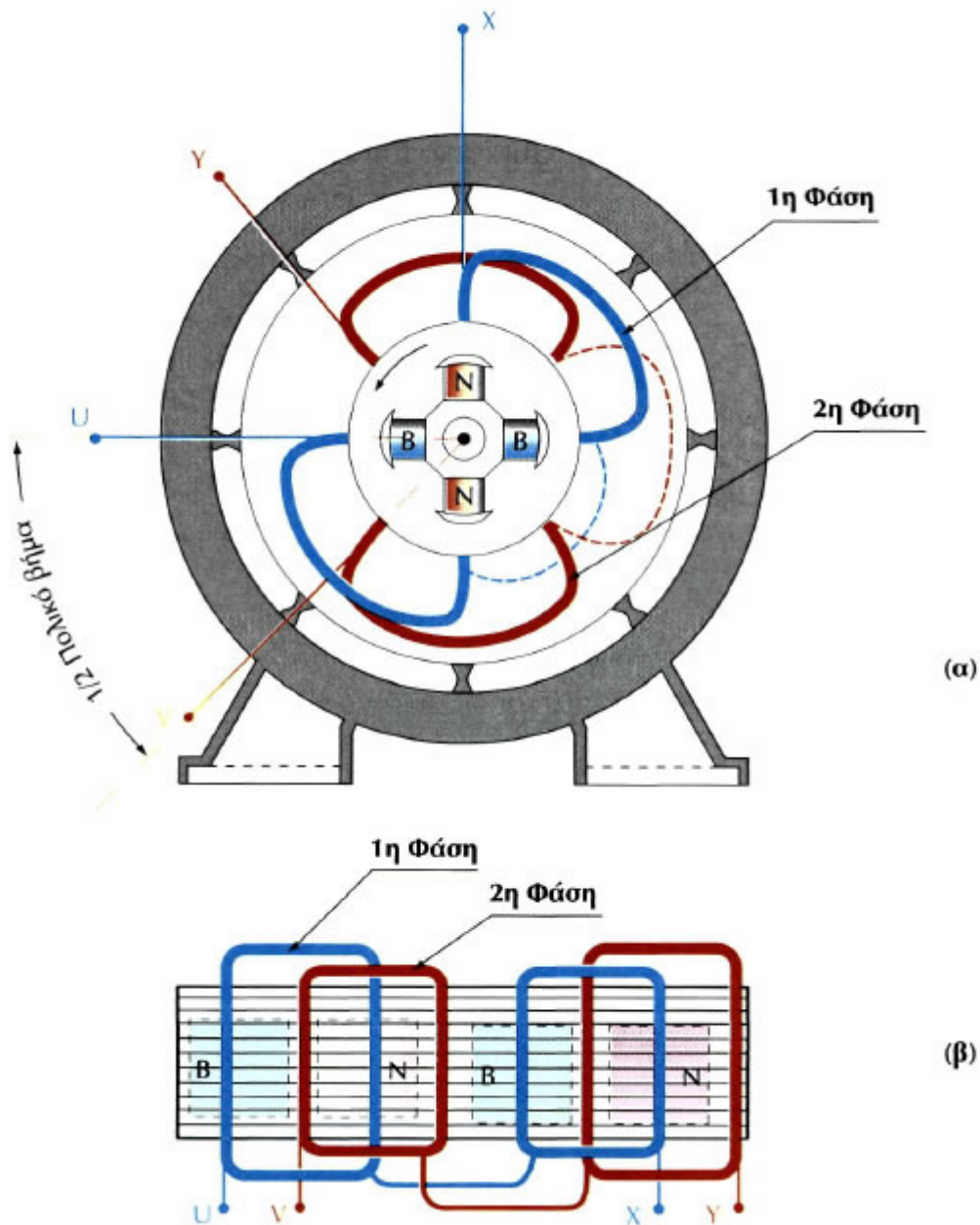
Σχήμα 2.13

Τετραπολικός μονοφασικός εναλλακτής.

2.3.3.2 Διφασικοί εναλλακτήρες

Στο σχήμα 2.14α απεικονίζεται ένας τετραπολικός διφασικός εναλλακτήρας. Στο σχήμα 2.14β φαίνεται το ανάπτυγμα του επαγωγικού τυμπάνου.

Το διφασικό τυλίγμα του επαγωγικού τυμπάνου (σχ. 2.14) έχει τέσσερα ελεύθερα άκρα, τα U - X του τυλίγματος της πρώτης φάσης, και τα V - Y του τυλίγματος της δεύτερης φάσης, τα οποία συνδέονται στους τέσσερις ακροδέκτες της μηχανής.



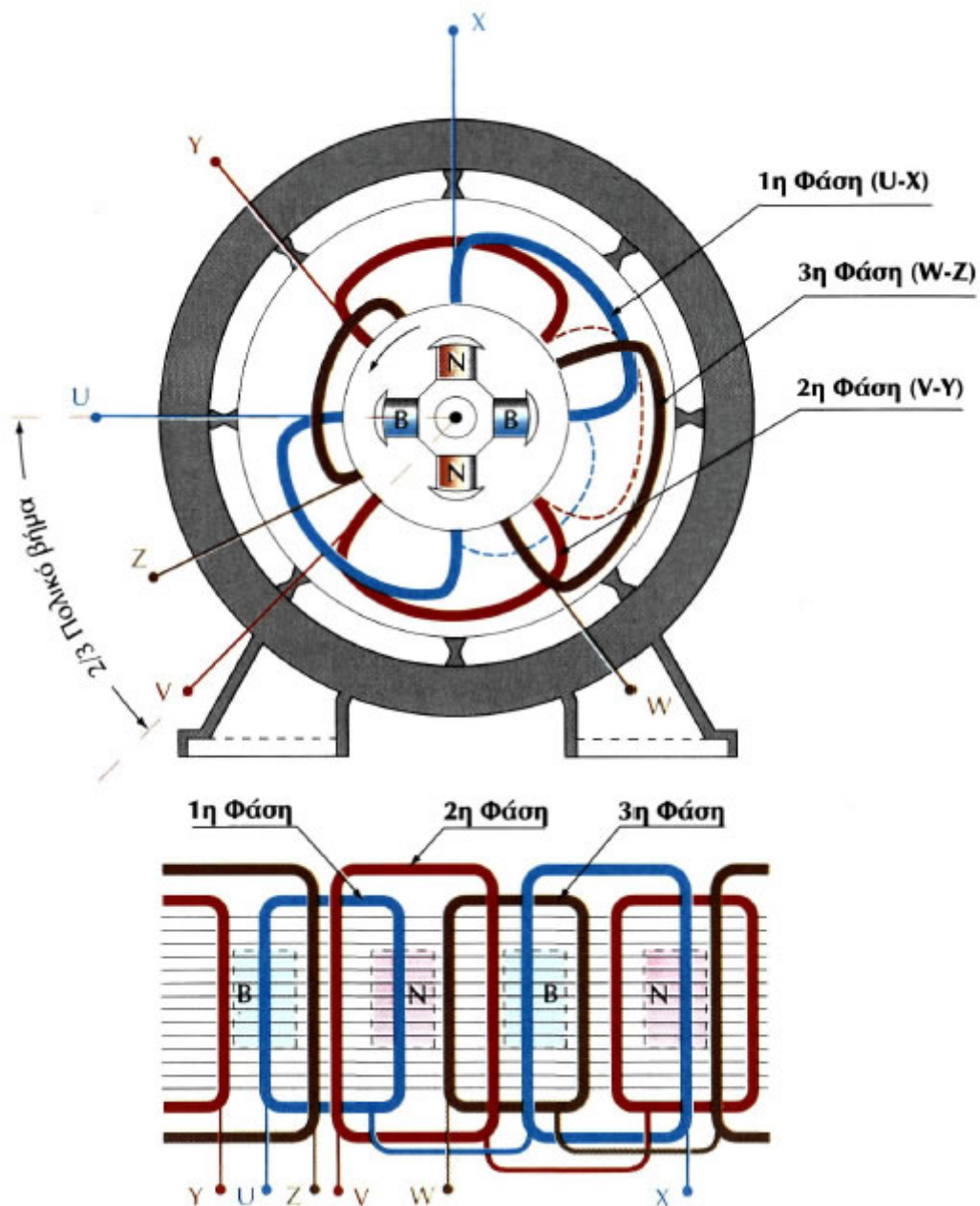
Σχήμα 2.14

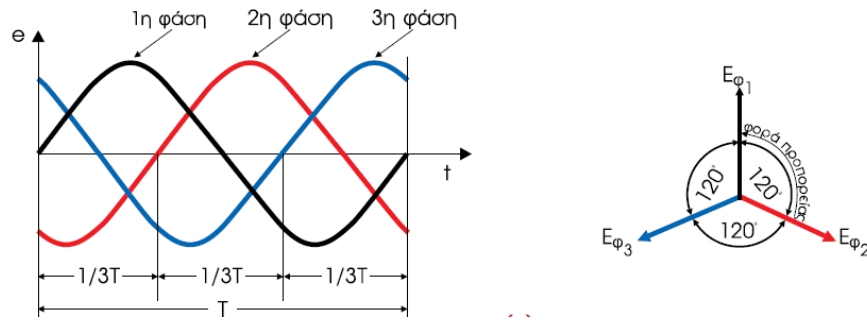
Τετραπολικός διφασικός εναλλακτήρας.

2.3.3.3 Τριφασικοί εναλλακτήρες

Στο σχήμα 2.15 απεικονίζεται ένας τετραπολικός τριφασικός εναλλακτήρας. Οι τριφασικοί εναλλακτήρες φέρουν στο επαγωγικό τύμπανο τους τρία όμοια και ανεξάρτητα μεταξύ τους μονοφασικά τυλίγματα, τις τρεις φάσεις του εναλλακτήρα.

Στα τριφασικά τυλίγματα έχουμε συνεπώς έξι άκρα, τρεις αρχές, τις U, V, W, και τρία πέρατα, τα X, Y, Z. Το τύλιγμα U - X ανήκει στην πρώτη φάση, το V - Y στη δεύτερη φάση και το W - Z στην τρίτη φάση.

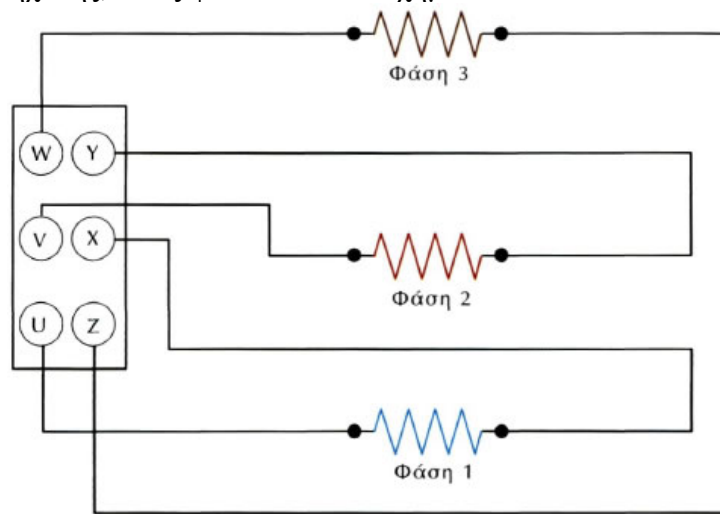




Σχήμα 2.15

Τετραπολικός τριφασικός εναλλακτήρας

Τα έξι ελεύθερα άκρα των τριών φάσεων του τριφασικού εναλλακτήρα συνδέονται στους έξι ακροδέκτες της μηχανής, όπως φαίνονται στο σχήμα 2.17.



Σχήμα 2.16

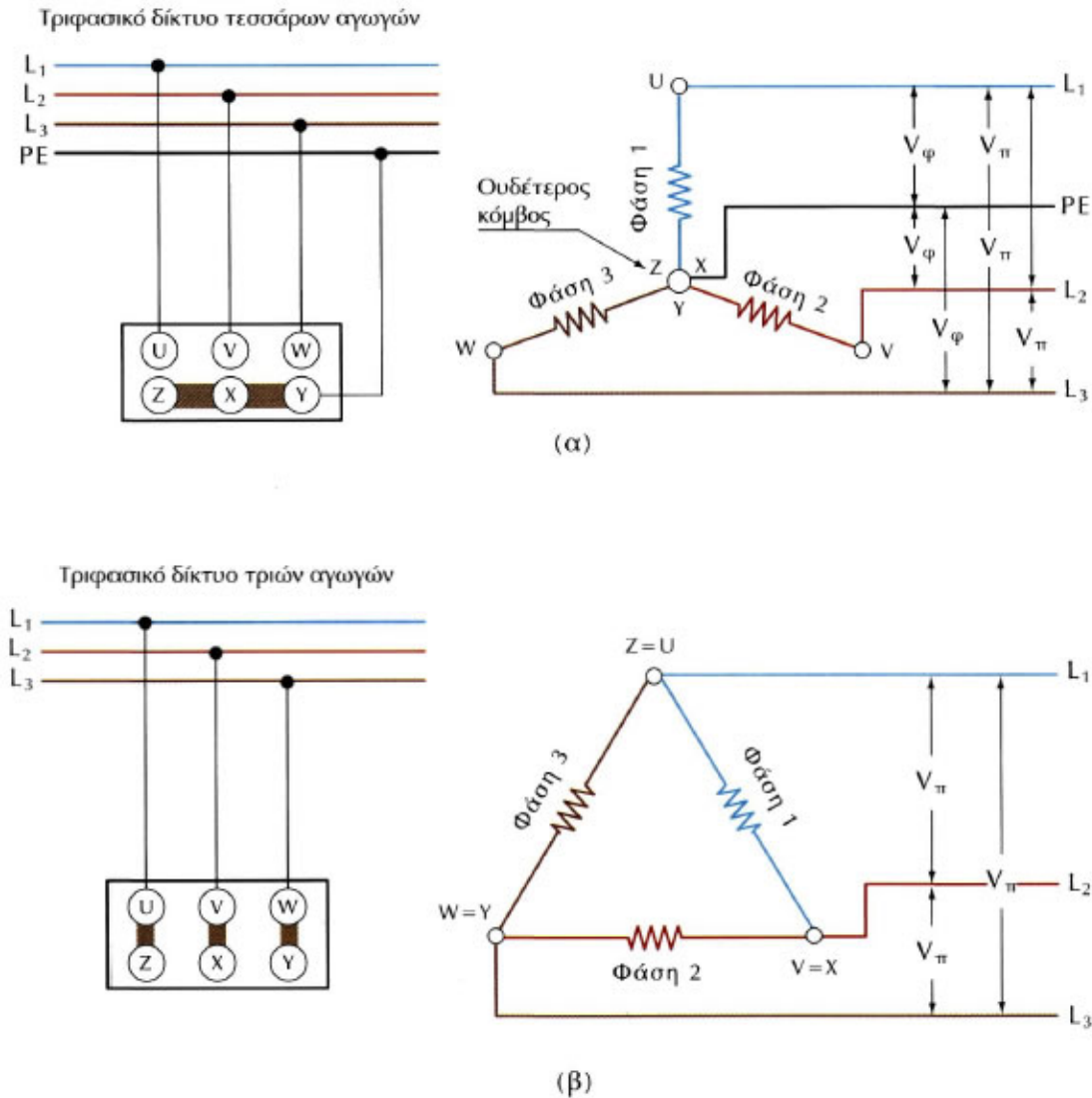
Σύνδεση των τυλιγμάτων των τριών φάσεων στους ακροδέκτες.

Στην περίπτωση αυτή οι τρεις φάσεις είναι τελείως ανεξάρτητες μεταξύ τους, έχουμε δηλαδή, ανεξάρτητο τριφασικό σύστημα.

Στην πράξη, τα τυλίγματα αυτά είναι αλληλένδετα και υπάρχουν οι εξής δύο τρόποι σύνδεσης μεταξύ τους:

- a. Σύνδεση ή ζεύξη σε αστέρα Y (σχήμα 2.17.α).
- b. Σύνδεση ή ζεύξη σε τρίγωνο Δ (σχήμα 2.17.β).

Στη σύνδεση σε αστέρα συνδέουμε με χάλκινα ή ορειχάλκινα ελάσματα τους ακροδέκτες Z, X, Y, οπότε δημιουργούμε με αυτό τον τρόπο τον ονομαζόμενο ουδέτερο κόμβο της μηχανής. Στους τρεις άλλους ελεύθερους ακροδέκτες U, V, W συνδέεται το τριφασικό δίκτυο.



Σχήμα 2.17

Σύνδεση Τριγώνου και Αστέρα

Στη σύνδεση σε τρίγωνο τοποθετούνται τρία ελάσματα, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.17.β.

Αλληλένδετα τριφασικά τυλίγματα.

Στη σύνδεση των τυλιγμάτων σε αστέρα ισχύουν οι σχέσεις:

$$V_{\pi} = \sqrt{3} \cdot V_{\phi} \text{ και } I_{\pi} = I_{\phi}$$

Στη σύνδεση των τυλιγμάτων σε τρίγωνο ισχύουν οι σχέσεις :

$$V_{\pi} = V_{\phi} \text{ και } I_{\pi} = \sqrt{3} \cdot I_{\phi}$$

οπού: V_{π} και I_{π} : πολικές τιμές της τάσης και της έντασης.

V_{ϕ} και I_{ϕ} : φασικές τιμές της τάσης και της έντασης.

Σπανίως χρησιμοποιούνται στην πράξη οι μονοφασικοί και διφασικοί εναλλακτήρες.

Σε όλους τους κεντρικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται σήμερα μόνο τριφασικοί εναλλακτήρες.

2.3.4 Ισχύς, απώλειες και βαθμός απόδοσης εναλλακτήρα

2.3.4.1 Ισχύς

Η πραγματική ισχύς P , η οποία μπορεί να αποδοθεί στην κατανάλωση από έναν εναλλακτήρα, είναι το γινόμενο της ενεργού τάσης και της ενεργού έντασης επί το συνημίτονο της γωνίας που σχηματίζουν τα ανύσματα τους. Η ισχύς αυτή εκφράζεται από τη σχέση:

$$P = V_{\phi} \cdot I_{\phi} \cdot \text{συν}\phi \quad \text{για μονοφασικό εναλλακτήρα (σε W)}$$

$$P = 3 \cdot V_{\phi} \cdot I_{\phi} \cdot \text{συν}\phi \quad \text{ή} \quad \sqrt{3} \cdot V_{\pi} \cdot I_{\pi} \cdot \text{συν}\phi \quad \text{για τριφασικό εναλλακτήρα (σε W)}$$

Η άεργη ισχύς Q είναι το γινόμενο της ενεργού τιμής της τάσης V επί το αβαττικό ρεύμα I_{α} . Η ισχύς αυτή εκφράζεται από τη σχέση:

$$Q = V_{\phi} \cdot I_{\alpha} = V_{\phi} \cdot I_{\phi} \cdot \eta\mu\phi \quad \text{για μονοφασικό εναλλακτήρα (σε VAR)}$$

$$Q = 3 \cdot V_{\phi} \cdot I_{\phi} \cdot \eta\mu\phi \quad \text{ή}$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot V_{\pi} \cdot I_{\alpha} = \sqrt{3} \cdot V_{\pi} \cdot I_{\pi} \cdot \eta\mu\phi \quad \text{για τριφασικό εναλλακτήρα (σε VAR)}$$

Η φαινόμενη ισχύς S είναι το γινόμενο της ενεργούς τάσης επί την ενεργό ένταση:

$$S = V_{\phi} \cdot I_{\phi} \quad \text{για μονοφασικό εναλλακτήρα (σε VA)}$$

$$S = 3 \cdot V_{\phi} \cdot I_{\phi} \quad \text{ή} \quad \sqrt{3} \cdot V \cdot I \quad \text{για τριφασικό εναλλακτήρα (σε VA)}$$

2.3.4.2 Απώλειες

Οι απώλειες των εναλλακτρήρων, όπως και των γεννητριών Σ.Ρ., διακρίνονται σε:

- Απώλειες σταθερές: ανεξάρτητες του φορτίου του εναλλακτήρα.
- Απώλειες μεταβλητές: μεταβαλλόμενες ανάλογα με την τιμή του φορτίου.

Οι σταθερές απώλειες P_1 διακρίνονται σε μηχανικές απώλειες και σε μαγνητικές απώλειες ή απώλειες σιδήρου.

Οι μαγνητικές απώλειες διακρίνονται σε απώλειες υστέρησης και σε απώλειες δινορρευμάτων.

Στις σταθερές απώλειες προστίθενται επίσης και οι ηλεκτρικές απώλειες διέγερσης, οι οποίες είναι ίσες με το γινόμενο $V_{\delta} \cdot I_{\delta}$.

Μεταβλητές απώλειες (P_2) είναι μόνο οι ηλεκτρικές απώλειες ή απώλειες χαλκού του τυλίγματος του επαγωγικού τυμπάνου του εναλλακτήρα.

Για ζεύξη του εναλλακτήρα:

- σε αστέρα είναι: $P_2 = 3 \cdot R \cdot I^2$

- σε τρίγωνο είναι: $P_2 = R \cdot I^2$

όπου: R είναι η ωμική αντίσταση ανά φάση του τυλίγματος του επαγωγικού τυμπάνου και I η ένταση φόρτισης, δηλαδή της γραμμής.

Οι απώλειες του εναλλακτήρα προφανώς είναι:

$$P_{απ} = P_1 + P_2$$

2.3.4.3 Βαθμός απόδοσης (η)

Είναι ο λόγος της πραγματικής ισχύος P , την οποία αποδίδει ο εναλλακτήρας προς τη μηχανική ισχύ P_{μ} ή $P_{\text{εισ}}$, η οποία προσδίδεται από την κινητήρια μηχανή στον άξονα της γεννήτριας. Δηλαδή,

$$n = \frac{P}{P_{\text{εισ.}}} = \frac{P}{P + P_{\text{απ}}} < 1$$

Είναι προφανές ότι ο βαθμός απόδοσης είναι πάντοτε μικρότερος από τη μονάδα.

Ο εναλλακτήρας έχει το μέγιστο βαθμό απόδοσης όταν η ένταση φόρτισης είναι περίπου ίση με την ονομαστική έντασή του και ο συντελεστής ισχύος του φορτίου ίσος με το ονομαστικό συνφ.

2.3.5 Γεννήτριες συνεχούς ρεύματος

Αρχή λειτουργίας των γεννητριών συνεχούς ρεύματος

Για να λειτουργήσει μια γεννήτρια, πρέπει να πληρούνται οι παρακάτω βασικές συνθήκες:

- Να υπάρχει μαγνητικό πεδίο (B).
- Να υπάρχει αγωγός εντός του μαγνητικού πεδίου, δηλαδή να υπάρχει τύλιγμα στη μηχανή.
- Να υπάρχει σχετική κίνηση του αγωγού ως προς το μαγνητικό πεδίο ή του πεδίου ως προς τον αγωγό.

Αποτέλεσμα των παραπάνω συνθηκών είναι η ανάπτυξη ηλεκτρεγερτικής δύναμης (ΗΕΔ) στα άκρα αυτού του αγωγού.

Αυτή η ΗΕΔ προέρχεται από επαγωγή και είναι ανάλογη:

- της μαγνητικής επαγωγής (B) του ομογενούς μαγνητικού πεδίου (σε Tesla ή $1\text{T} = 1 \frac{\text{V}\cdot\text{s}}{\text{m}^2}$)
- του μήκους (ℓ) του τμήματος του αγωγού το οποίο βρίσκεται υπό την επίδραση του μαγνητικού πεδίου (ενεργό μήκος σε m).
- της ταχύτητας (u) της μεταβολής της κίνησης του αγωγού (σε m/s).
- του ημίτονου της γωνίας (α), η οποία σχηματίζεται μεταξύ των κατευθύνσεων της κίνησης και του μαγνητικού πεδίου.

Η σχέση που δίνει την ΗΕΔ είναι:

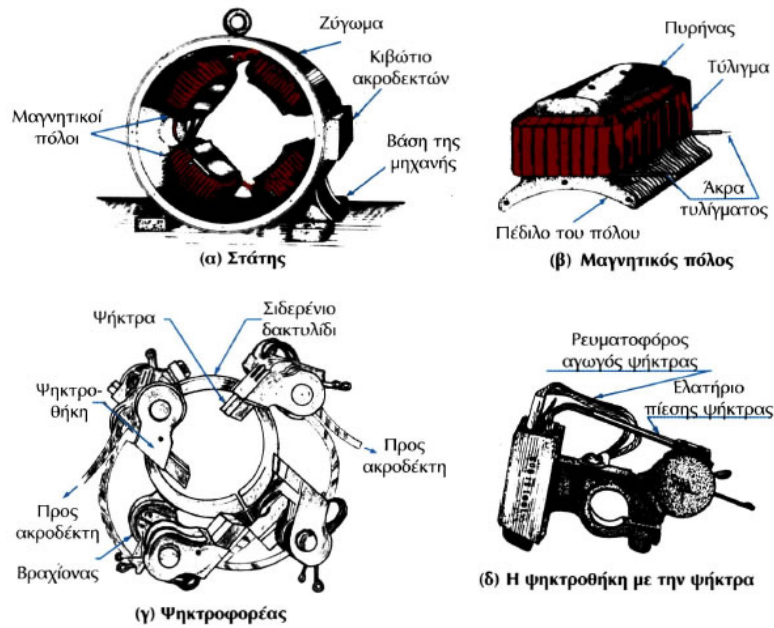
$$E = B \cdot \ell \cdot u \cdot \eta\mu\alpha \text{ (σε V)}$$

2.3.6 Κατασκευή των μηχανών συνεχούς ρεύματος

Κάθε μηχανή συνεχούς ρεύματος αποτελείται από το ακίνητο μέρος το οποίο ονομάζεται στάτης και από το κινητό μέρος το οποίο ονομάζεται δρομέας.

Ο στάτης (σχήμα 2.18) αποτελείται από:

- Το ζύγωμα
- Τους μαγνητικούς πόλους
- Τα πέδιλα των πόλων
- Το τύλιγμα των πόλων
- Τα καλύμματα (καπάκια)
- Τα σιδερένια δακτυλίδια
- Τους βραχίονες
- Τις ψηκτροθήκες
- Τις ψήκτρες
- Τα ελατήρια πίεσης των ψηκτρών

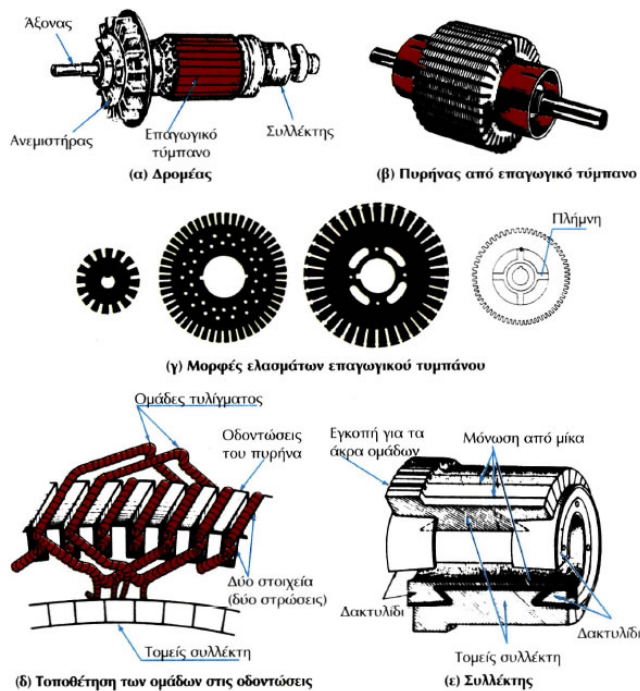


Σχήμα 2.18

Ακίνητα τμήματα της μηχανής Σ.Ρ.

Ο δρομέας όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 2.19 είναι το συγκρότημα των κινητών τμημάτων της μηχανής και αποτελείται από:

- Τον άξονα
- Τον πυρήνα του επαγωγικού τυμπάνου
- Το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου
- Το συλλέκτη
- Τον ανεμιστήρα
- Την πλήμνη



Σχήμα 2.19

Κινητά τμήματα της μηχανής Σ.Ρ.

2.3.6.1 Στάτης

1. Το ζύγωμα που αποτελείται από τον κορμό της μηχανής και κατασκευάζεται από χυτοχάλυβα ή ελατό σίδηρο. Μέσα από το ζύγωμα κλείνει το μαγνητικό κύκλωμα.
2. Τους μαγνητικούς πόλους που στερεώνονται στο ζύγωμα και κατασκευάζονται από ελατό σίδηρο εφόσον ανήκουν σε δυναμογεννήτρια, δηλαδή σε γεννήτρια που έχει τύλιγμα στους πόλους. Στις μαγνητογεννήτριες δηλαδή στις γεννήτριες με μόνιμους μαγνήτες οι πόλοι κατασκευάζονται από χάλυβα. Προορισμός των πόλων είναι να εξασφαλίσουν τη μαγνητική ροή που γεννιέται από τα τυλίγματα τα οποία περιβάλλουν τους πόλους. Το ρεύμα με το οποίο τροφοδοτούνται οι πόλοι καλείται ρεύμα διέγερσης. Κάθε πόλος αποτελείται από τον πυρήνα και το τύλιγμά του που παρεμβάλλεται μόνωση. Ο πυρήνας συγκροτείται συνήθως από μονωμένα ειδικά ελάσματα σιδήρου, πάχους περίπου 1,5mm.
3. Τα πέδιλα των πόλων είναι το πλατύτερο μέρος του πόλου και βρίσκονται πλησιέστερα στο επαγωγικό τύμπανο. Αποτελούν συνήθως ξεχωριστή κατασκευή και βιδώνονται στερεότατα κάτω από τους πόλους. Σκοπός του πέδilu είναι να διαχέει τη ροπή σε ένα μεγαλύτερο μέρος της περιφέρειας του δρομέα από όσο καλύπτει ο κορμός του πυρήνα και να υποβαστάζει το τύλιγμα του πόλου. Κατασκευάζονται από μονωμένα φύλλα σιδήρου για την αποφυγή θερμάνσεων και απωλειών από τα ρεύματα Φουκώ τα οποία εμφανίζονται εδώ εξ αιτίας των διαταραχών του μαγνητικού πεδίου κατά τη λειτουργία της μηχανής. Υπενθυμίζουμε ότι τα ρεύματα Φουκώ ή δινορρεύματα είναι επαγωγικά ρεύματα τα οποία εμφανίζονται μέσα στη μάζα του υλικού σε μορφή κλειστών τροχιών και προξενούν απώλειες.
4. Το τύλιγμα του πόλου αποτελείται από πολλές σπείρες χάλκινου μονωμένου σύρματος οι οποίες αφού λάβουν με τη βοήθεια καλουπιού τη μορφή του πυρήνα τυλίγονται με βαμβακερή ταινία και βαφτίζονται σε μονωτικό βερνίκι.
Τα άκρα του τυλίγματος μένουν ελεύθερα για την ηλεκτρική του σύνδεση το σύνολο των τυλιγμάτων των μαγνητικών πόλων ονομάζεται τύλιγμα διέγερσης της μηχανής σε πολλές μηχανές συνεχούς ρεύματος έχουμε δύο σε κάθε πόλο το καθένα ανεξάρτητα από το άλλο. Το ένα τύλιγμα που αποτελείται από πολλές σπείρες με λεπτό σύρμα ονομάζεται παράλληλο τύλιγμα, ενώ το άλλο που αποτελείται από λίγες σπείρες και χονδρό σύρμα ονομάζεται τύλιγμα σειράς.
5. Τα καλύμματα (καπάκια) στερεώνονται με κοχλίες στο ζύγωμα και χρησιμεύουν για να στηρίζουν τον άξονα του δρομέα και τον ψηκτροφορέα και να προφυλάσσουν το εσωτερικό της μηχανής. Τα καλύμματα φέρουν ενσωματωμένο και από ένα έδρανο μέσω του οποίου στρέφεται ο άξονας του δρομέα.
6. Τον ψηκτροφορέα που είναι το σύστημα στο οποίο στερεώνεται στο κάλυμμα της μηχανής το οποίο βρίσκεται από την πλευρά του συλλέκτη.
Η στερέωση γίνεται κατά τρόπο ώστε να είναι δυνατή η μετάθεση της θέσης επαφής των ψηκτρών πάνω στο συλλέκτη. Ο ψηκτροφορέας αποτελείται από ένα σιδερένιο δακτύλιο τους βραχίονες των ψηκτροθηκών και τις ψηκτροθήκες.
Στο σιδερένιο δακτύλιο στερεώνονται οι βραχίονες υποστήριξης των ψηκτροθηκών. Οι βραχίονες είναι δυο, τέσσερις ή περισσότεροι και είναι ηλεκτρικά μονωμένοι ως προς το σιδερένιο δακτύλιο. Στους βραχίονες στηρίζονται οι ψηκτροθήκες, δηλαδή μεταλλικές θήκες μέσα στις οποίες τοποθετούνται οι ψήκτρες.

7. Τις ψύκτρες που είναι συνήθως τεμάχια από σκληρό άνθρακα ή γραφίτη ή από ένα μίγμα χαλκού τοποθετούνται μέσα στις ψηκτροθήκες και πιέζονται από ελατήριο ώστε να επιτυγχάνεται καλή επαφή με την επιφάνεια του συλλέκτη. Τα ελατήρια αυτά ρυθμίζονται έτσι, ώστε η πίεση που ασκεί η ψήκτρα στο συλλέκτη να μην είναι ούτε πολύ μεγάλη ούτε πολύ μικρή. Αν η πίεση είναι μικρή θα έχουμε κακή επαφή ψηκτρών και συλλέκτη σπινθηρισμούς και κάψιμο των ψηκτρών και υπερθέρμανση του συλλέκτη.

2.3.6.2 Δρομέας

1. Τον άξονα που φέρει το επαγωγικό τύμπανο, το συλλέκτη και τον ανεμιστήρα και στρέφεται πάντοτε μαζί με αυτά.
2. Τον πυρήνα του επαγωγικού τυμπάνου, ο οποίος παρέχει μια οδό μικρής μαγνητικής αντίστασης για τη δίοδο των μαγνητικών γραμμών των πόλων και φέρει σε αυτό το τύλιγμα του τυμπάνου. Κατασκευάζεται από πολλά μαγνητικά ελάσματα τα οποία κάμπτονται σε ειδικές πρέσες. Τα μαγνητικά ελάσματα είναι μονωμένα μεταξύ τους για να μειωθούν οι απώλειες λόγω δινορρευσμάτων.
3. Το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου, το οποίο κατασκευάζεται από μονωμένο χάλκινο αγωγό κυκλικής ή ορθογωνικής διατομής. Ο αγωγός κυκλικής διατομής χρησιμοποιείται κυρίως σε μηχανές μικρής ισχύος ή στις μηχανές υψηλής τάσης. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις προτιμάται ο αγωγός ορθογωνικής διατομής, διότι με αυτόν κατασκευάζονται σπείρες μεγαλύτερης αντοχής και γίνεται μεγαλύτερη εκμετάλλευση του χώρου των οδοντώσεων.
4. Το συλλέκτη που κατασκευάζεται από πολλά χάλκινα ελάσματα τα οποία ονομάζονται τομείς του συλλέκτη. Για να αποφευχθεί βραχυκύκλωση των τομέων του συλλέκτη τοποθετούνται μονώσεις μεταξύ τους και προ τις πλευρές των τεμαχίων συγκράτησης. Η μεταξύ τους μόνωση γίνεται με μίκα και φίμπερ. Ο σκοπός του συλλέκτη είναι να παίρνει ή να μεταβιβάζει το ρεύμα (περίπτωση κινητήρα ή γεννήτριας)
5. Τον ανεμιστήρα που στερεώνεται στον άξονα και δημιουργεί κατά την περιστροφή του ρεύμα αέρα που εισέρχεται στη μηχανή από το άνοιγμα του ενός καλύμματος και εξέρχεται από το άνοιγμα του άλλου καλύμματος.
6. Την πλήμνη που χρησιμοποιείται στις μηχανές μεγάλης σχετικά ισχύος, για να μειώσουμε το βάρος των μαγνητικών ελασμάτων που στοιχίζουν ακριβά αλλά και για να διευκολύνουμε την ψύξη του πυρήνα.

2.3.7 Είδη γεννητριών συνεχούς ρεύματος

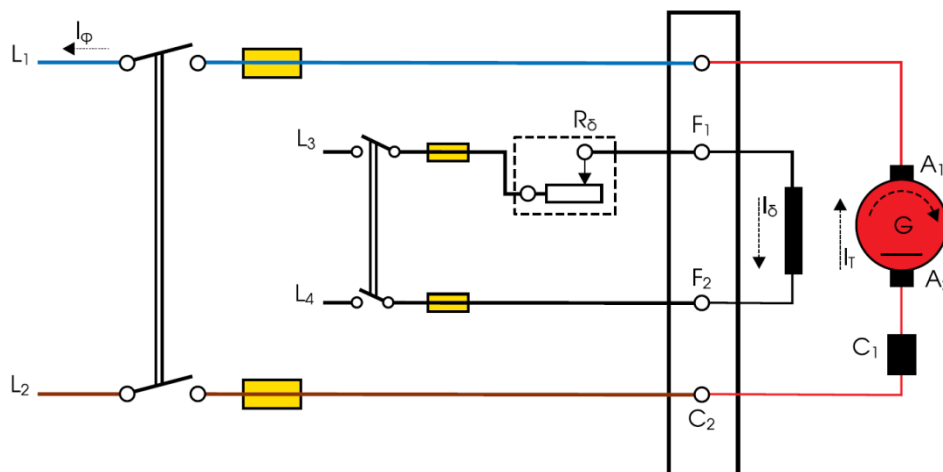
Οι γεννήτριες συνεχούς ρεύματος, ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο είναι συνδεδεμένο το τύλιγμα διέγερσής τους, διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες:

- α) Γεννήτριες με ξένη διέγερση
- β) Γεννήτριες με παράλληλη διέγερση

- γ) Γεννήτριες με διέγερση σειράς
- δ) Γεννήτριες με σύνθετη διέγερση.

2.3.7.1 Γεννήτριες με ξένη διέγερση

Στις γεννήτριες με ξένη διέγερση (σχήμα 2.20) το τύλιγμα διέγερσης τροφοδοτείται από μια ξένη πηγή.



Σχήμα 2.20

Γεννήτρια ξένης διέγερσης

Χρησιμοποιούνται εκεί όπου απαιτείται τάση εξόδου ικανή να μεταβάλλεται σε μεγάλα όρια με τη βοήθεια της μεταβολής του ρεύματος διέγερσης. Χρησιμοποιούνται επίσης για την τροφοδότηση της διέγερσης των πολύ μεγάλων γεννητριών εναλλασσόμενου ρεύματος και σε ορισμένες περιπτώσεις για ηλεκτροσυγκολλήσεις.

Στις γεννήτριες ξένης διέγερσης, η διακύμανση τάσης είναι 5-20% όταν λειτουργούν με την κανονική τους ένταση διέγερσης και τις κανονικές τους στροφές. Διευκρινίζεται ότι η διακύμανση τάσης δίνεται από τη σχέση:

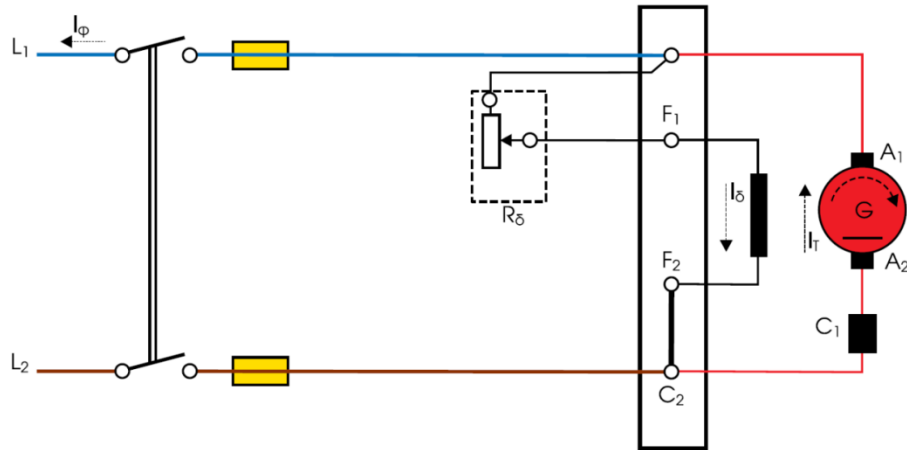
$$\varepsilon\% = \frac{U_0 - U_N}{U_N} \cdot 100\%$$

Οπού: U_0 : είναι η τάση της γεννήτριας όταν εργάζεται χωρίς φορτίο

U_N : είναι η τάση της γεννήτριας όταν εργάζεται με το πλήρες φορτίο της δηλαδή όταν δίνει την ισχύ για την οποία είναι κατασκευασμένη.

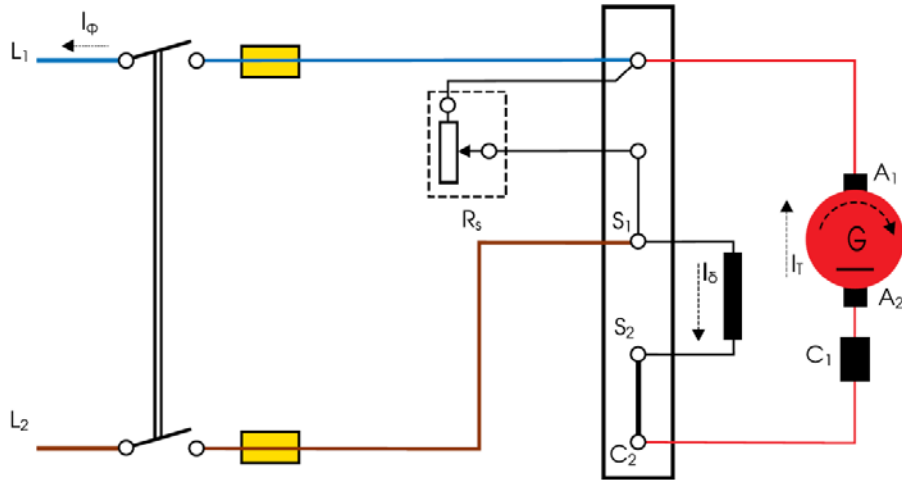
2.3.7.2 Γεννήτριες με παράλληλη και διέγερση σειράς

Οι γεννήτριες παράλληλης σειράς (σχήμα 2.21) και διέγερσης σειράς (σχήμα 2.22) είναι μηχανές αυτοδιεγείρομενες, δηλαδή χρησιμοποιούν τη μαγνητική ροή του παραμένουστος μαγνητισμού στους πυρήνες των πόλων.



Σχήμα 2.21

Παράλληλης διέγερσης

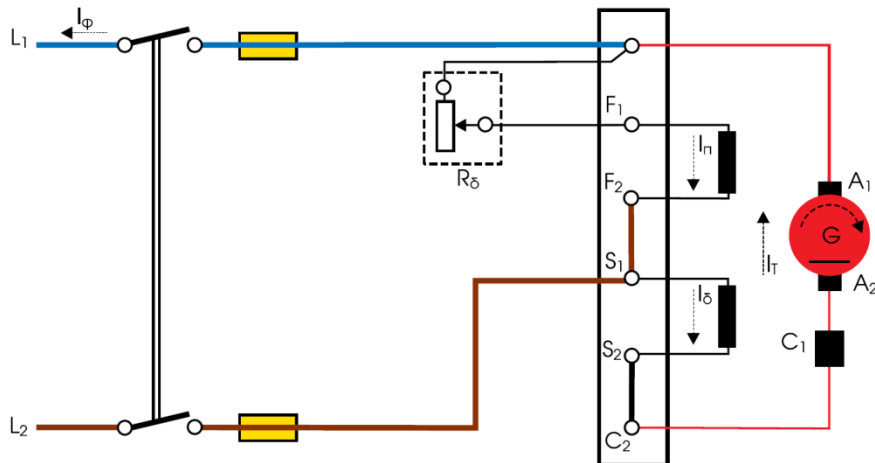


Σχήμα 2.22

Διέγερση σειράς

2.3.7.3 Γεννήτριες σύνθετης διέγερσης

Οι γεννήτριες με σύνθετη διέγερση διακρίνονται σε γεννήτριες με αθροιστική σύνθετη διέγερση, αν το τύλιγμα σειράς ενισχύει το μαγνητικό πεδίο του παράλληλου τυλίγματος, και σε γεννήτριες με διαφορική σύνθετη διέγερση, αν το τύλιγμα σειράς εξασθενεί το μαγνητικό πεδίο του παράλληλου τυλίγματος.



Σχήμα 2.23

Σύνθετης διέγερσης

2.3.8 Ισχύς απώλειες και βαθμός απόδοσης των γεννητριών

2.3.8.1 Ισχύς

Η ισχύς που λαμβάνεται από μια γεννήτρια Σ.Ρ. ισούται προς το γινόμενο της τάσης V επί την ένταση I .

$$P = V \cdot I \text{ σε watt}$$

Οπού: V = η τάση που επικρατεί στους ακροδέκτες τη στιγμή των μετρήσεων (σε V).
 I = η ένταση του παραγόμενου ρεύματος (σε A).

Ονομαστική ισχύς γεννήτριας καλείται η μεγαλύτερη τιμή ισχύος που μπορεί να προσφέρει συνεχώς η γεννήτρια, όταν εργάζεται με την ονομαστική τάση και ταχύτητα, χωρίς να υπάρχει κίνδυνος να πάθει βλάβη η μηχανή από υπερφόρτιση.

2.3.8.2 Απώλειες

Απώλειες γεννήτριας είναι το συνολικό ποσό της κινητικής ενέργειας, το οποίο δε μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια αλλά σε θερμότητα και θερμαίνει τα μέρη της μηχανής.

Οι απώλειες των γεννητριών Σ.Ρ., οι οποίες λειτουργούν με σταθερή περίπου τάση και με σταθερή ταχύτητα περιστροφής, διακρίνονται σε:

- απώλειες σταθερές, δηλαδή ανεξάρτητες του φορτίου της γεννήτριας, και
- απώλειες μεταβλητές, δηλαδή μεταβαλλόμενες με το φορτίο.

Σταθερές απώλειες είναι οι μηχανικές απώλειες και οι μαγνητικές απώλειες, που διακρίνονται σε απώλειες υστέρησης και σε απώλειες δινορρευμάτων.

- Μηχανικές απώλειες είναι οι απώλειες τριβής του άξονα του δρομέα στα έδρανα του στάτη, των ψηκτρών με το συλλέκτη, του αέρα με τον περιστρεφόμενο δρομέα και του μηχανικού έργου που απορροφάται από τον ανεμιστήρα της γεννήτριας.

Οι απώλειες αυτές είναι ανάλογες προς την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα της γεννήτριας, και επειδή κατά κανόνα οι στροφές είναι σταθερές, και οι μηχανικές απώλειες είναι σταθερές και ανεξάρτητες του φορτίου της γεννήτριας.

- Μαγνητικές απώλειες
 1. Απώλειες υστέρησης: είναι ανάλογες προς τις στροφές της γεννήτριας και προς τη ροή των μαγνητικών πόλων της. Επομένως για σταθερές στροφές και για σταθερή ένταση διέγερσης είναι ίδιες ασχέτως του αν έχουν ή όχι φορτίο.
 Οι απώλειες υστέρησης οφείλονται στις διαδοχικές μεταβολές της μαγνήτισης του πυρήνα του επαγωγικού τυμπάνου, όταν αυτό περιστρέφεται μέσα στο σταθερό μαγνητικό πεδίο που δημιουργούν οι πόλοι.
 2. Απώλειες δινορρευμάτων: οφείλονται στα ρεύματα που κυκλοφορούν στον πυρήνα του επαγωγικού τυμπάνου λόγω της περιστροφής του μέσα στο μαγνητικό πεδίο της μηχανής. Οι απώλειες δινορρευμάτων είναι απώλειες θερμότητας και είναι ανάλογες του τετραγώνου της έντασης αυτών. Επομένως, εφόσον η έντασή τους είναι ανάλογη προς την τάση η οποία τα προκαλεί και η τάση είναι ανάλογη προς τη ροή και τις στροφές, οι απώλειες είναι ανάλογες προς το τετράγωνο των στροφών και της ροής. Αρα, για σταθερές στροφές και για σταθερή ένταση διέγερσης οι απώλειες είναι σταθερές και ανεξάρτητες του φορτίου.
- Μεταβλητές απώλειες είναι οι ηλεκτρικές απώλειες και οφείλονται στη θερμότητα που παράγεται στα διάφορα κυκλώματα της γεννήτριας, όταν διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα.

- Ηλεκτρικές απώλειες

Το μεγαλύτερο μέρος της μηχανικής ενέργειας που παραλαμβάνει μια γεννήτρια από κάποια κινητήρια μηχανή, με σκοπό να την μετατρέψει σε ηλεκτρική, μετατρέπεται πράγματι σε ηλεκτρική, ενώ ένα μικρό μέρος της χάνεται, επειδή εμφανίζονται απώλειες στο σύστημα.

Η τιμή της ισχύος εισόδου $P_{\text{εισ}}$, που παίρνει η γεννήτρια είναι πάντοτε μεγαλύτερη από την τιμή της ισχύος P που δίνει. Η διαφορά αυτών είναι η ισχύς των απωλειών $P_{\text{απ}}$.

$$P_{\text{απ}} = P_{\text{εισ}} - P$$

Οι ηλεκτρικές απώλειες της μηχανής είναι ίσες προς το άθροισμα των γινομένων $R \cdot I^2$ των επιμέρους κυκλωμάτων της, δηλαδή:

όπου R_T : η αντίσταση του τυλίγματος του επαγωγικού τυμπάνου της γεννήτριας, στην οποία περιλαμβάνονται η αντίσταση των ψηκτρών και η αντίσταση του τυλίγματος των βοηθητικών πόλων.

R_σ : η ωμική αντίσταση του τυλίγματος σειράς.

R_δ : η ωμική αντίσταση του παράλληλου τυλίγματος μαζί με τη ρυθμιστική αντίσταση.

Από τις απώλειες αυτές μόνο εκείνες που οφείλονται στο παράλληλο τύλιγμα διέγερσης ($R_\delta \cdot I_\delta^2$) παραμένουν σταθερές κατά τις διακυμάνσεις του φορτίου της γεννήτριας, (εφόσον βέβαια δε μεταβάλλεται η ρυθμιστική αντίσταση διέγερσης), αφού η ένταση μέσα από αυτό παραμένει πρακτικά σταθερή.

2.3.8.3 Βαθμός απόδοσης

Βαθμός απόδοσης μιας γεννήτριας καλείται ο λόγος της ισχύος, την οποία αποδίδει η γεννήτρια, προς την απαιτούμενη κινητική ισχύ που προσδίδεται στον άξονά της από την κινητήρια μηχανή.

Ο βαθμός απόδοσης είναι πάντοτε μικρότερος από τη μονάδα και δίνεται από τη σχέση:

$$n = \frac{P}{P_{\text{εισ}}} = \frac{P}{P + P_{\text{απ}}}$$

Ο βαθμός απόδοσης των γεννητριών δεν είναι σταθερός, αλλά μεταβάλλεται ανάλογα με το φορτίο τους.

Αποδεικνύεται ότι γίνεται μέγιστος, όταν οι σταθερές απώλειες εξισωθούν προς τις μεταβλητές απώλειες της γεννήτριας.

Οι περισσότερες γεννήτριες έχουν μέγιστο βαθμό απόδοσης, όταν αποδίδουν ισχύ λίγο μικρότερη της ονομαστικής τους ή ίση με αυτήν.

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΕΜΠΟΡΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ”

3.1 Γενικές πληροφορίες για το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας της Κύπρου.

Το 2011 το κεντρικό εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Κύπρου στον Βασιλικό σχεδόν καταστράφηκε ολοσχερώς από αναπάντεχη έκρηξη. Οι ΑΗΚ της Κύπρου αποφασίζει να δανειστεί ενέργεια από την άλλη πλευρά της Κύπρου όπου οι Τούρκοι δανείζουν περίπου 80MW ενέργειας στο ελληνικό κομμάτι της Κύπρου την ημέρα.



Εικόνα 3.1

Εργοστάσιο παραγωγής στον Βασιλικό μετά από έκρηξη.

Εκείνη την εποχή μια ακόμη απόφαση λαμβάνεται και τοποθετούνται σε μεγάλα κτίρια όπως νοσοκομεία, εμπορικά κέντρα, μεγάλες εταιρίες κ.α. γεννήτριες οι οποίες σε περιπτώσεις blackout θα τροφοδοτούσαν τα αντίστοιχα φορτία τους.

Έτσι έγινε και στο εμπορικό κέντρο της Κύπρου και γι'αυτό φτιάχτηκε αυτό το εφεδρικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας.

Το καλοκαίρι του 2012 η ΑΗΚ ανακοίνωσε μέσω δελτίο τύπου ότι το σύνολο της εγκατεστημένης παραγωγικής ικανότητας ανέρχεται κατά μέσο όρο στα 920MW το οποίο δεν επαρκεί κατά την καλοκαιρινή περίοδο λόγω της αύξησης της κατανάλωσης. Έτσι εκείνη την εποχή ιδρύει ένα πρόγραμμα ένταξης ιδιωτικών εφεδρικών Ηλεκτρογεννητριών με Ισχύ μεγαλύτερη των 400kW σε ένα “εικονικό Σταθμό παραγωγής ενέργειας” που θα έχει την δυνατότητα να λειτουργεί με εντολή από το Κέντρο Ελέγχου Ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα η ανακοίνωση γράφει:

Καλούνται οι ιδιοκτήτες εφεδρικών Ηλεκτρογεννητριών όπως συνεργαστούν με το Διαχειριστή Συστήματος Διανομής (ΑΗΚ) για να ενταχθούν στο σύστημα του Εικονικού Σταθμού όσον το δυνατό περισσότερες Ηλεκτρογεννήτριες.

Στο σύστημα αυτό θα συνδεόντουσαν 250 σημεία με ηλεκτροπαραγωγή ζεύγη αλλά λόγω των οικονομικών προβλημάτων που επικράτησαν στην Κύπρο και την ένταξη της στο ΔΝΤ τα σχέδια άλλαξαν. Έτσι τελικά σύστημα αυτό αποτελείται από 50 σημεία τα οποία έχουν την δυνατότητα να λειτουργήσουν μέσω απομακρυσμένης εντολής της ΑΗΚ σε περιπτώσεις που το δίκτυο χρειάζεται ενίσχυση ή όταν γίνεται συντήρηση σε κάποιον σταθμό της ΑΗΚ.

3.2 Γενικές πληροφορίες για το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας στο εμπορικό κέντρο της Κύπρου.

3.2.1 Περιγραφή του συστήματος και του χώρου εγκατάστασης

3.2.1.1 Περιγραφή συστήματος

Το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας που μελετάμε βρίσκεται σε εμπορικό κέντρο της Κύπρου, είναι εγκατεστημένο στο πίσω μέρος του εμπορικού κέντρου, σε έναν χώρο ειδικά διαμορφωμένο για να τοποθετηθούν τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη και να μπορέσει να γίνει η σύνδεση με τα φορτία του εμπορικού κέντρου έτσι ώστε σε περίπτωση βλάβης της ηλεκτροδότησης, τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη που θα βρίσκονται στον χώρο αυτό να ξεκινούν την διαδικασία τροφοδότησης του εμπορικού κέντρου αυτόματα χωρίς να υπάρχουν προβλήματα. Τα Η/Ζ στο πρώτο στάδιο σύνδεσης ήταν συνδεδεμένα αποκλειστικά με το εμπορικό κέντρο για περιπτώσεις διακοπής της ηλεκτροδότησης. Ενώ στην συνέχεια μετά το δελτίο τύπου της ΑΗΚ το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας του εμπορικού κέντρου εντάχθηκε στο πρόγραμμα “Εικονικού Σταθμού” μαζί με άλλα 50 σημεία με γεννήτριες ώστε να τροφοδοτούν όλη την Ελληνική Πλευρά της Κύπρου σε περίπτωση που υπάρχει πρόβλημα στο με την ηλεκτροδότηση του νησιού. Στο εμπορικό κέντρο η ΑΗΚ έχει την δυνατότητα να στείλει εντολή και να θέσει σε λειτουργία από μόνη τα πέντε ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη.

Αυτό το εφεδρικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας αποτελείται από πέντε ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη τα οποία έχουν την ικανότητα να τροφοδοτήσουν όλο το εμπορικό σε όλες του της λειτουργίες σε περίπτωση διακοπής της ηλεκτροδότησης από την ΑΗΚ.

Παρακάτω φαίνεται η εγκατάσταση στον πίσω χώρο του εμπορικού κέντρου (Εικόνα 3.2):



Εικόνα 3.2

Χώρος εγκατάστασης H/Z στο εμπορικό κέντρο

Οι γεννήτριες είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους παράλληλα και ο συγχρονισμός τους γίνεται αυτόματα μέσω των controllers GENSYS που τις ελέγχουν και αναλαμβάνουν να παραλληλίσουν τις γεννήτριες σε περίπτωση διακοπής ρεύματος με σκοπό την πλήρη τροφοδοσία του εμπορικού κέντρου.

Πιο αναλυτικά τα φορτία που εξυπηρετούν τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη αυτά είναι:

- Φωτισμός κτιρίου
- Φωτισμός παρκινγκ και κήπου
- Εσωτερικός φωτισμός εμπορικού κέντρου και καταστημάτων
- Ανελκυστήρες πελατών
- Κυλιόμενες σκάλες
- Ανελκυστήρες εμπορευμάτων
- Ψυγεία και καταψύκτες
- Πλυντήρια και τρόμπες νερού
- Φόρτιση συστημάτων UPS
- Πρίζες
- Θερμοσίφωνες
- Εξαερισμός
- Βασικές παροχές κτιρίου όπως είναι οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές
- Πυρασφάλεια
- Φρεάτια άρδευσης

3.2.1.2 Περιγραφή χώρου εγκατάστασης

Ο χώρος στον οποίο γίνεται η εγκατάσταση του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους είναι επίπεδος και το δάπεδο είναι οπλισμένο με σκυρόδεμα για την καλύτερη θεμελίωση του Η/Ζ. Η θεμελίωση έχει βάθος που κυμαίνεται από 150mm έως 200mm ενώ το μήκος και το πλάτος της θεμελίωσης είναι αντιστοιχών διαστάσεων του Η/Ζ. το έδαφος κάτω από τη θεμελίωση πρέπει να αντέξει το βάρος της θεμελίωσης και του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους. Επίσης, προκειμένου να ελαχιστοποιήσουμε τους κραδασμούς του κινητήρα που μεταδίδονται στο κτίριο, το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος είναι εξοπλισμένο με μονωτήρες κραδασμών. Στα μικρού και μεσαίου μεγέθους ζεύγη οι μονωτήρες αυτοί εγκαθίστανται μεταξύ των στηριγμάτων του κινητήρα εναλλακτήρα και του πλαισίου βάσης. Η διάταξη αυτή επιτρέπει στο πλαίσιο να είναι σταθερά βιδωμένο πάνω στη θεμελίωση. Στα μεγαλύτερα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη το σύστημα κινητήρα εναλλακτήρα είναι σταθερά προσαρτημένο στο πλαίσιο βάσης και οι μονωτήρες κραδασμών παρέχονται ξεχωριστά για εγκατάσταση μεταξύ του πλαισίου βάσης και της θεμελίωσης. Όλα τα υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί αντέχουν σε πυρκαγιά πάνω από 3 ώρες ενώ η μέγιστη θερμοκρασία κατά την λειτουργία του συστήματος δεν ξεπερνά τους 40°C. Τέλος, ο χώρος εγκατάστασης είναι εξωτερικός για λόγους καλού εξαερισμού και καλύτερης απόδοσης των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών.

3.3 Από τι αποτελείται το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας που μελετάμε.

Το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας που μελετάμε αποτελείται από:

- 5 ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη.
- 4^{ης} πίνακες αυτόματης μεταγωγής φορτίων από ΑΗΚ σε Η/Ζ με 8 αυτόματους διακόπτες ισχύος ή Automatic Transfer Switch.
- 4^{ης} μετασχηματιστές ξηρού τύπου.
- Την υφιστάμενη γραμμή bus
- 5 πίνακες ελέγχου, αυτοματισμού και παραλληλισμού των γεννητριών με ελεγκτές τύπου GENSYS 2.0.
- 4^{ης} πίνακες ελέγχου του παραλληλισμού των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών με το δίκτυο.

Ακολουθεί ανάλυση των στοιχείων που συμμετέχουν στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας.

3.3.1 Τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη

Τα πέντε ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη που συμμετέχουν στο έργο μας είναι οι εξής:

- Caterpillar diesel generator C32 (1100 kVA)
- Caterpillar diesel generator C32 (1100 kVA)
- Caterpillar diesel generator 3412C (900 kVA)
- Caterpillar diesel generator C15 (550 kVA)
- Caterpillar diesel generator C15 (550 kVA)

Τα συγκεκριμένα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη συνδέονται με ένα προηγμένο ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου. Το σύστημα ελέγχου επιτρέπει στον χειριστή να ελέγχει χειροκίνητα ή αυτόματα το κάθε ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος ξεχωριστά. Το σύστημα αυτό διαθέτει κυκλώματα προστασίας τα οποία μπορούν να ενεργοποιήσουν ένα ηχητικό σήμα συναγερμού ή ακόμα και να κλείσουν το σύστημα σε περίπτωση εμφάνισης ενός προβλήματος. Επίσης τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη διαθέτουν μπαταρίες για την εκκίνηση του σε περίπτωση διακοπής της ηλεκτροδότησης. Οι μπαταρίες εκκίνησης πρέπει να εγκαθίστανται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στο ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος, και να παρέχεται εύκολη πρόσβαση για εργασίες συντήρησης. Έτσι αποτρέπεται η απώλεια ενέργειας από τα μεγάλου μήκους ηλεκτρικά καλώδια, η οποία μπορεί να έχει συνέπειες στην ευκολία εκκίνησης του κινητήρα από τις μπαταρίες.

3.3.1.1 Έλεγχοι πριν την εκκίνηση

Οι παρακάτω έλεγχοι πρέπει να εκτελεστούν πριν την εκκίνηση λειτουργίας των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών:

- i. Έλεγχος της στάθμης του λαδιού του κινητήρα και ψυκτικού υγρού.
- ii. Έλεγχος της στάθμης καυσίμου
- iii. Έλεγχος σε όλους τους εύκαμπτους σωλήνες για εύρεση τυχόν φθορών ή χαλαρών συνδέσεων.
- iv. Έλεγχος των πόλων της μπαταρίας για προστασία από διάβρωση.
- v. Έλεγχος φθοράς του φίλτρου αέρα.
- vi. Έλεγχος αντικειμένων στον χώρο τα οποία μπορούν να προκαλέσουν βλάβη στην σωστή λειτουργία των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών.
- vii. Γενικός εξωτερικός οπτικός έλεγχος για τυχόν διαρροές.

3.3.1.2 Προληπτική συντήρηση

- Συντήρηση καθημερινή ή με κάθε εκκίνηση του συστήματος.

Καθημερινά ελέγχετε το σύστημα με απλό οπτικό έλεγχο για τυχόν διαρροές πετρελαίου ή εκτεθειμένων καλωδίων και έλεγχος ότι τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη διατηρούνται σε κατάσταση αναμονής (standby).

- Συντήρηση ανά 15νθήμερο

Σε περίπτωση που το σύστημα δεν έχει λειτουργήσει πάνω από 15 μέρες, υποχρεούνται τα άτομα που είναι υπεύθυνα για το σύστημα να το θέτουν σε λειτουργία για 5 λεπτά.

➤ Μηνιαία συντήρηση

Γίνεται έλεγχος λειτουργίας συνδέοντας το 50% του φορτίου στο ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος για 1 ή 2 ώρες.

➤ Εξαμηνιαία συντήρηση ή κάθε 250 ώρες

Γίνεται αναλυτικός έλεγχος σε όλα τα καλώδια και στις τάσης εξόδου της γεννήτριας με πλήρες φορτίο και τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη λειτουργούν για τουλάχιστον 2 ώρες.

3.3.1.3 Χρόνοι σύνδεσης φορτίων μετά την πτώση της κύριας παροχής

Η σύνδεση των φορτίων μετά την πτώση της κύριας παροχής μπορεί να είναι άμεση ή να γίνεται μετά από σύντομο χρονικό διάστημα. Το πρότυπο HD384.3 διακρίνει τις εξής περιπτώσεις:

Είδος εφεδρείας	Χρόνος σύνδεσης
Αδιάλειπτη	0 sec
Πολύ σύντομη	<0.15sec
Σύντομη	0.15...0.5 sec
Μεσαία	0.5...15 sec
Μακράς διάρκειας	>15 sec

Πίνακας 3.1

Είδος εφεδρείας

Στην δικιά μας περίπτωση ο μέσος χρόνος σύνδεσης μετά από 10 μετρήσεις που λάβαμε ήταν 3.48 sec αρά ανήκει στα συστήματα μεσαίας εφεδρείας. Παρακάτω παρουσιάζονται οι μετρήσεις για τον υπολογισμό του μέσου χρόνου σύνδεσης.

a/a	t1 (sec)	t2 (sec)	t3 (sec)	t4 (sec)	t5 (sec)	t6 (sec)	t7 (sec)	t8 (sec)	t9 (sec)	t10 (sec)	t _{av} (sec)
G1	3.2	3.7	3.5	3.5	4	2.9	2.8	3	3.7	3.5	3.5
G2	3.2	3.5	3.7	3.5	3	2.8	3.5	3.7	3.5	3.5	3.4
G3	3.9	3.2	3.5	4.2	3.5	2.9	2.8	3.7	3.7	3.5	3.875
G4	4	3.7	3.5	3.6	3.5	2.9	2.8	3.5	3.9	3.6	3.775
Ολικός μέσος χρόνος σύνδεσης φορτίων: t _{0Λ} =											3.48

Πίνακας 3.2

Μέσος χρόνος σύνδεσης των H/Z με τα φορτία

3.3.2 Αναλυτικά χαρακτηριστικά για το κάθε ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος:

3.3.2.1 Ονομασία Η/Ζ: Caterpillar C32 (Γεννήτριες G1 και G2)



Εικόνα 3.3

Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος C32

Είναι μια αξιόπιστη πηγή παραγωγής ενέργειας από 830 kW (910 kVA) έως 1000kW (1000kVA) στα 50-60 Hz. Είναι κατασκευασμένη για όλες τις λειτουργίες για κρίσιμες καταστάσεις, για κύριες λειτουργίες και για συνεχή και σταθερή χρήση. Είναι βασισμένη πάνω στο πρότυπο ISO 8528-5 για να στηρίζει το 100% των φορτίων που συνδέεται χωρίς να υπάρχει πρόβλημα. Είναι χαμηλής κατανάλωσης καυσίμου και μπορεί να συνομολογηθεί εύκολα με άλλες γεννήτριες και με πίνακες χωρίς περιττά καλώδια και διακόπτες. Τα αναλυτικά χαρακτηριστικά της παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Ελάχιστη ισχύς γεννήτριας	910 kVA
Μέγιστη ισχύς γεννήτριας	1000 kVA
Τάση εξόδου γεννήτριας	220 έως 800 V
Συχνότητα	50 έως 60 Hz
Ταχύτητα περιστροφής	1500 έως 1800 rpm
Εκπομπές αερίων	Χαμηλές εκπομπές και ρύπανση
Τύπος κινητήρα	C32 TA, V-12, 4-Stroke Water-Cooled Diesel
Αριθμός πόλων	4
Bore	145mm
Εξοδός γεννήτριας	3φασική

Πίνακας 3.1 Χαρακτηριστικά Η/Ζ C32

Εξοπλισμός γεννήτριας

- Φίλτρο αέρα για καθαρισμό από εξωτερικές σκόνες
- Ανεμιστήρας για την ψύξη του κινητήρα και αποφυγή υπερθερμάνσεων
- IP23 Protection
- Εξάτμιση με φίλτρο για χαμηλή ρύπανση
- Manual με όλα τα τεχνικά χαρακτηριστικά και τους τρόπους και παράγοντες για την σωστή συνδεσμολογία της γεννήτριας.
- Αυτόματο σύστημα επανελέγχου και διόρθωσης της παραγόμενης ισχύς και τάσης στην έξοδο της γεννήτριας.
- Πίνακας και οθόνη για αλλαγές ρυθμίσεων κατά την λειτουργία ή πριν από αυτήν
- Κατάληξη καλωδίων εξόδου σε γραμμή φορτίων Bus Bar
- Απομακρυσμένος έλεγχος γεννήτριας μέσω συσκευής Genset EMCP 4
- Βαφή γεννήτριας σύμφωνα με τα χρώματα της Caterpillar εκτός των γραμμών εξόδου και καλωδίων λόγο τήρησης του χρωματικού κώδικα HD 387 και των ψυγείων

Προαιρετικός εξοπλισμός

- Αποσυμπυκνωτής θερμότητας
- Εσωτερική διέγερση
- Μόνιμη μαγνητική διέγερση
- Διαφορετικό μέγεθος κινητήρα με ίδια απόδοση
- Ενίσχυση τοιχωμάτων για την μείωση του θορύβου
- Διακόπτες ισχύος στις εξόδους της γεννήτριας Circuit Breakers UL listed/ IEC compliant
- Εναλλακτικοί πίνακες διαχείρισης της γεννήτριας κατά την λειτουργία ή κατά την παύση
- Λαστιχένιους αποσβεστήρες για την απορρόφηση κραδασμών
- Αποσβεστήρες κραδασμών τύπου ελατηρίου
- Αθόρυβος ανεμιστήρας
- Ψηφιακές οθόνες για την ένδειξη κατανομής φορτίων
- Πρόγραμμα απομακρυσμένου έλεγχου και παρακολούθησης
- Μπαταρίες για αποθήκευση παραγόμενης ενέργειας
- Μετατροπέας παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας
- Σύστημα αυτόματης προστασίας του κινητήρα σε απότομη εκκίνηση.

Διεθνή και ευρωπαϊκά πρότυπα που τηρεί η γεννήτρια ανάλογα με την περιοχή στην οποία γίνεται η εγκατάσταση

- Αντισεισμικά πρότυπα ανάλογα με τον πολεοδομικό νόμο:
IBC 2000, IBC 2003, IBC 2006, IBC 2009, CBC 2007
- UL 2200 package
- EU Certificate of Conformance (CE)
- CSA Certification

- EEC Declaration of Conformity
- Τηρεί τα πρότυπα υπερβολικών ήχων
- Προστασία από ακραία καιρικά φαινόμενα
- Integral & sub-base UL listed dual wall fuel tanks
- Automatic transfer switches (ATS)

Το συγκεκριμένο ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος έρχεται μέσα σε κουτί από το εργοστάσιο για απευθείας εγκατάσταση, όπως φαίνεται στην εικόνα παρακάτω η οποία είναι από τον χώρο εγκατάστασης πίσω από το εμπορικό κέντρο:



Εικόνα 3.4

Εικόνα ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους από την εγκατάσταση

Παρακάτω παρουσιάζονται εικόνες από το εσωτερικό της γεννήτριας όπως και τα εσωτερικά χαρακτηριστικά από τα χαρτιά που δίνονται από το εργοστάσιο.



Εικόνα 3.5

Εικόνα από το εσωτερικό του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους.

3.3.2.2 Ονομασία Η/Ζ: Caterpillar C15 (Γεννήτρια G3 και G4)



Εικόνα 3.6

Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος C15

Η γεννήτρια αυτή είναι ικανή να παράγει σταθερή ισχύς από 320 kW (365 kVA) έως 500 kW (550 kVA). Ο κινητήρας της “C15 ACERT” είναι τύπου ντίζελ και είναι κατασκευασμένος για περιπτώσεις συνεχούς τροφοδοσίας και έκτακτης τροφοδοσίας σε περίπτωση διακοπής του ηλεκτρικού ρεύματος. Είναι κατασκευασμένος με βάση το πρότυπο ISO 8528-5 με εγγυημένη εκκίνηση σε όλες τις περιπτώσεις και ικανότητα να αντέξει το 100% του φορτίου που ισχυρίζονται τα εργοστασιακά χαρτιά. Επίσης ο κινητήρας είναι σχεδιασμένος για χαμηλές εκπομπές και χαμηλή κατανάλωση σε σχέση με την εξερχόμενη απόδοση. Είναι σχεδιασμένη για λειτουργία σε κάθε χώρο εσωτερικό ή εξωτερικό και διαθέτει ακόμα και αντισεισμική προστασία. Διαθέτει πάνελ για αλλαγή ρυθμίσεων ακόμα και κατά την διάρκεια λειτουργίας της και συνδέεται εύκολα με άλλες γεννήτριες με παρόμοια χαρακτηριστικά. Τέλος, έχει την ικανότητα μέσω εργοστασιακών προσθέσεων να αντέξει το ακριβές φορτίο που έχει ανάγκη ο καθένας.

Τα αναλυτικά χαρακτηριστικά παρουσιάζονται παρακάτω:

Ελάχιστη ισχύς γεννήτριας	320 kW (365 kVA)
Μέγιστη ισχύς γεννήτριας	500 kW (550 kVA)
Τάση εξόδου γεννήτριας	208 έως 600 V
Συχνότητα	50 έως 60 Hz
Ταχύτητα περιστροφής	1500 έως 1800 rpm
Εκπομπές αερίων	Χαμηλές εκπομπές και ρύπανση
Μοντέλο Μηχανής	C15 ATAAC, I-6, 4 - Stroke Water-Cooled Diesel
Bore	137.2 mm
Displacement	15.2 L
Compression Ratio	16.1:1
Aspiration	Air to Air Aftercooled

Governor	Adem™ A4
Fuel System	MEUI

Πίνακας 3.2 Χαρακτηριστικά ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους C15

Εξοπλισμός γεννήτριας

- Φίλτρο αέρα για καθαρισμό από εξωτερικές σκόνες
- Ανεμιστήρας για την ψύξη του κινητήρα και αποφυγή υπερθερμάνσεων
- Εξάτμιση με φίλτρο για χαμηλή ρύπανση
- 3 φίλτρα κινητήρα
 - Κύριο φίλτρο για το καύσιμο του κινητήρα και την αποφυγή επαφής νερού με το εσωτερικό του κινητήρα
 - Δευτερεύον φίλτρο κινητήρα
 - Φίλτρο λαδιών κινητήρα
- Πίνακας και οθόνη για αλλαγές ρυθμίσεων κατά την λειτουργία ή πριν από αυτήν
- Κατάληξη καλωδίων εξόδου σε γραμμή φορτίων Bus Bar
- Απομακρυσμένος έλεγχος γεννήτριας μέσω συσκευής Genset EMCP 4
- Λαστιχένιους αποσβεστήρες για την μείωση κραδασμών
- Βαφή γεννήτριας σύμφωνα με τα χρώματα της Caterpillar εκτός των γραμμών εξόδου και καλωδίων λόγω τήρησης του χρωματικού κώδικα HD 387 και των ψυγείων

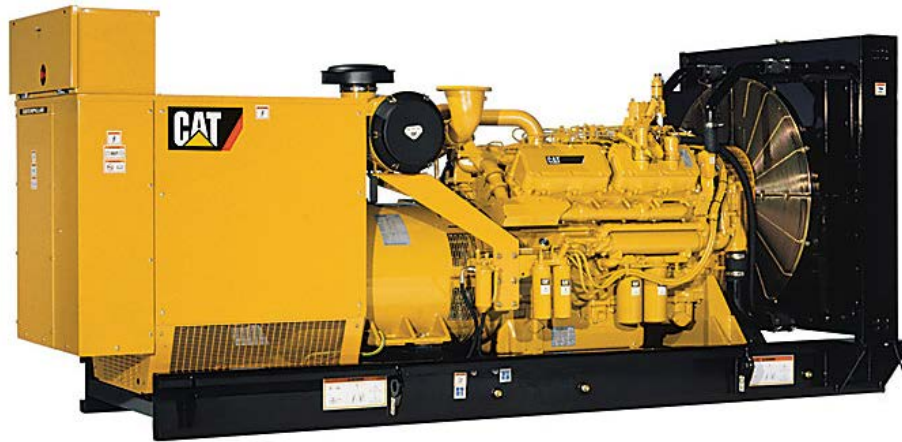
Προαιρετικός εξοπλισμός

- Ενισχυμένη εξάτμιση για εσωτερικούς χώρους ή κατοικημένες περιοχές
- Ενίσχυση τοιχωμάτων για την μείωση του θορύβου
- Διακόπτες ισχύος στις εξόδους της γεννήτριας Circuit Breakers UL listed / IEC compliant
- Εναλλακτικοί πίνακες διαχείρισης της γεννήτριας κατά την λειτουργία ή κατά την παύση
- Ψηφιακές οθόνες για την ένδειξη κατανομής φορτίων
- Πρόγραμμα απομακρυσμένου έλεγχου και παρακολούθησης
- Μπαταρίες για αποθήκευση παραγόμενης ενέργειας
- Μετατροπέα ηλεκτρικής ενέργειας
- Σύστημα αυτόματης προστασίας του κινητήρα σε απότομη εκκίνηση.

Διεθνή και ευρωπαϊκά πρότυπα που τηρεί η γεννήτρια ανάλογα με την περιοχή στην οποία γίνεται η εγκατάσταση

- Αντισεισμικά πρότυπα ανάλογα με τον πολεοδομικό νόμο:
IBC 2000, IBC 2003, IBC 2006, IBC 2009, CBC 2007
- UL 2200 package
- EU Certificate of Conformance (CE)
- CSA Certification
- EEC Declaration of Conformity
- Sound attenuated, weather protective or high ambient weather protective enclosure
- Integral & sub-base UL listed dual wall fuel tanks
- Automatic transfer switches (ATS)

3.3.2.3 Ονομασία Η/Ζ: 3412C (Γεννήτρια G5)



Εικόνα 3.7

Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος 3412C

Ελάχιστη ισχύς γεννήτριας	591 kW (680 kVA)
Μέγιστη ισχύς γεννήτριας	800 kW (900 kVA)
Τάση εξόδου γεννήτριας	208 έως 600 V
Συχνότητα	50 έως 60 Hz
Ταχύτητα περιστροφής	1500 έως 1800 rpm
Εκπομπές αερίων	Χαμηλές εκπομπές και ρύπανση
Μοντέλο Μηχανής	3412C TA, V-12, 4 - Stroke Water-Cooled Diesel
Bore	137.2 mm
Displacement	27.02 L
Compression Ratio	13.0:1
Aspiration	TA
Governor	PEEC – Cat Electronic
Fuel System	Μέσω σωλήνων και γραμμών

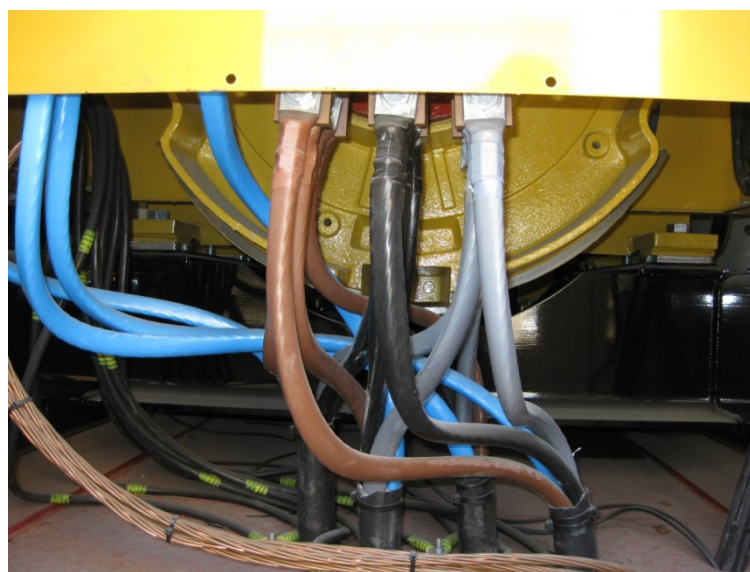
Πίνακας 3.2 Χαρακτηριστικά ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους 3412C

Εξωτερικές φωτογραφίες του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους



Εικόνα 3.8

Εξωτερική φωτογραφία του Η/Ζ.



Εικόνα 3.9

Καλώδια εξόδου τάσεων του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους

Εξοπλισμός γεννήτριας

- Φίλτρο αέρα για καθαρισμό από εξωτερικές σκόνες
- Εξάτμιση με φίλτρο για χαμηλή ρύπανση
- 3 φίλτρα κινητήρα
 - Κύριο φίλτρο για το καύσιμο του κινητήρα και την αποφυγή επαφής νερού με το εσωτερικό του κινητήρα
 - Δευτερεύον φίλτρο κινητήρα
 - Φίλτρο λαδιών κινητήρα

- Προστασία IP23
- Πίνακας και οθόνη για αλλαγές ρυθμίσεων κατά την λειτουργία ή πριν από αυτήν
- Κατάληξη καλωδίων εξόδου σε γραμμή φορτίων Bus Bar
- Έλεγχος γεννήτριας μέσω συσκευής Genset EMCP 4
- Βαφή γεννήτριας σύμφωνα με τα χρώματα της Caterpillar εκτός των γραμμών εξόδου και καλωδίων λόγο τήρησης του χρωματικού κώδικα HD 387 και των ψυγείων

Προαιρετικός εξοπλισμός

- Σιγαστήρας εξάτμισης
- Αποσυμπυκνωτής θερμότητας
- Διακόπτες ισχύος στις εξόδους της γεννήτριας Circuit Breakers UL listed / IEC compliant
- Εναλλακτικοί πίνακες διαχείρισης της γεννήτριας κατά την λειτουργία ή κατά την παύση
- Ψηφιακές οθόνες για την ένδειξη κατανομής φορτίων
- Πρόγραμμα απομακρυσμένου έλεγχου και παρακολούθησης
- Μπαταρίες για αποθήκευση παραγόμενης ενέργειας
- Μετατροπέα ηλεκτρικής ενέργειας
- Σύστημα αυτόματης προστασίας του κινητήρα σε απότομη εκκίνηση.

Διεθνή και ευρωπαϊκά πρότυπα που τηρεί η γεννήτρια ανάλογα με την περιοχή στην οποία γίνεται η εγκατάσταση

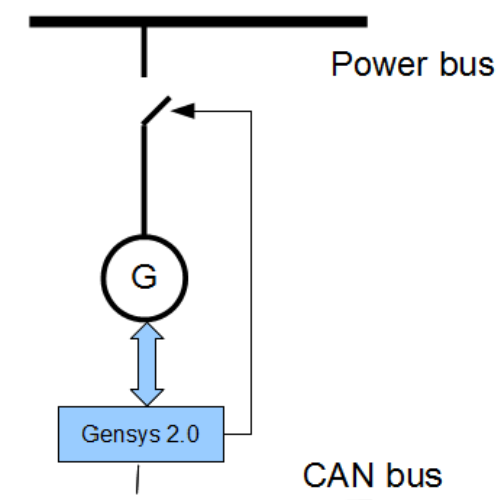
- Αντισεισμικά πρότυπα ανάλογα με τον πολεοδομικό νόμο:
IBC 2000, IBC 2003, IBC 2006, IBC 2009, CBC 2007
- UL 2200 package
- EU Certificate of Conformance (CE)
- CSA Certification
- EEC Declaration of Conformity
- Sound attenuated, weather protective or high ambient weather protective enclosure
- Single or dual wall integral fuel tanks
- Single or dual wall sub-base fuel tanks
- Integral & sub-base UL listed dual wall fuel tanks

3.3.3 Πίνακες παραλληλίας γεννητριών GENSYS 2.0

Ο πίνακας αυτός είναι ο πίνακας που κάνει όλο τον έλεγχο ανάμεσα στις γεννήτριες για το αν πληρούνται οι προδιαγραφές παραλληλίας και όταν κάποια από της γεννήτριες έχει καταφέρει να πληροί αυτές τις προδιαγραφές τότε το GENSYS της επιτρέπει να συνδεθεί στην γραμμή bus όπου συνδέονται σιγά σιγά οι γεννήτριες αφού ελέγχουν ότι πληρούν τις προϋποθέσεις παραλληλίας.

Ουσιαστικά είναι ένας υπολογιστής για τον παραλληλισμό ο οποίος λειτουργεί και ως PLC και έχει τις εξής δυνατότητες:

- Αυτόματη εκκίνηση του ζεύγους και παραλαβή του φορτίου σε διάστημα 8-10 δευτερολέπτων όταν η τάση του δικτύου διακοπεί ή κατέλθει κάτω από ένα προκαθορισμένο όριο
- Έλεγχος των γεννητριών μέσω της συσκευής από χειριστή για λόγους τυπικών ελέγχων
- Ενδεικτικά όργανα (βολτόμετρο, αμπερόμετρο κ.α.) και συχνότερο
- Αυτόματο φορτιστή μπαταριών
- Ενδεικτικές λυχνίες για χαμηλή συχνότητα, χαμηλή τάση μπαταριών, χαμηλή στάθμη καυσίμου, πίεση λαδιού, θερμοκρασία νερού ψύξης κινητήρα κ.α.
- Εύκολος τρόπος σύνδεσης με υπολογιστή και προγραμματισμού αλλάζοντας απλά παράγοντες με δυνατότητα 128 εισόδων και 64 εξόδων.
- Οθόνη για προβολή στοιχείων την ώρα λειτουργίας της γεννήτριας.
- Κάρτα μνήμης.
- Σύνδεση με το διαδίκτυο για δυνατότητα μετατροπών απομακρυσμένα.
- Πλήρως συνεργάσιμο σχεδόν με όλα τα H/Z.
- Εύκολη σύνδεση και προγραμματισμός για κάθε H/Z.
- Μπουτόν γενικής διακοπής
- Ιστορικό ανάγνωσης βλαβών
- Αυτόματο σταμάτημα της μηχανής Ντήζελ σε περιπτώσεις σφαλμάτων όπως:
 - Υπερβολικές στροφές
 - Υψηλή θερμοκρασία νερού
 - Χαμηλή πίεση λαδιού

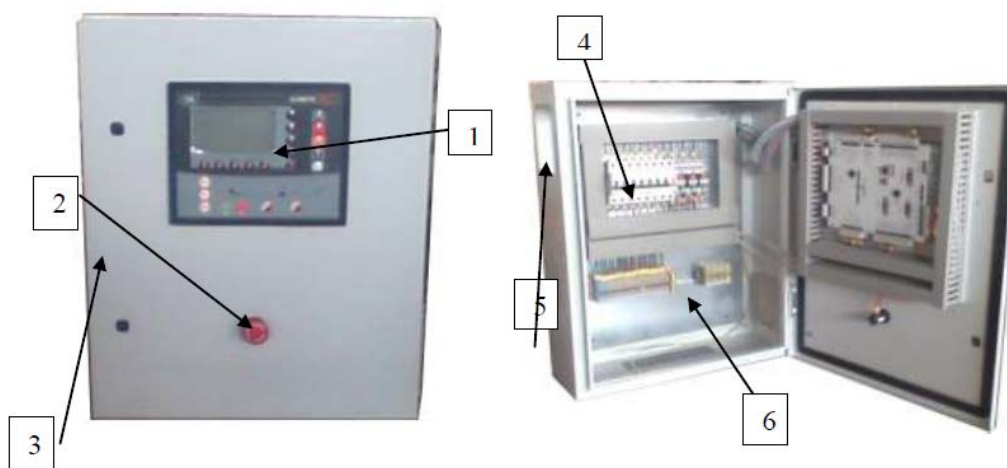


Σχήμα 3.1

Σύνδεση GENSYS με διακόπτη ισχύος

Ο πίνακας στηρίζεται στον ηλεκτρονικό ελεγκτή της CRE Technology ο οποίος είναι προρυθμισμένος για το συγκεκριμένο Η/Ζ και για τις λειτουργίες όπως περιγράφονται στη συνέχεια.

Ο ηλεκτρονικός ελεγκτής παρέχει τις απαιτούμενες λειτουργίες και προστασίες για την παράλληλη λειτουργία το Η/Ζ με το δίκτυο παροχής ηλεκτρισμού και είναι προρυθμισμένος για το Η/Ζ με τα στοιχεία που αναφέρονται παρακάτω.

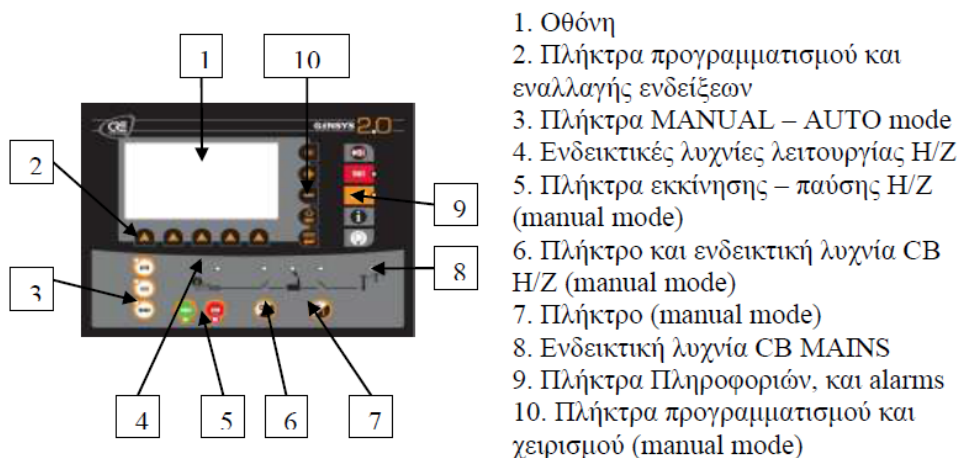


Εξωτερική όψη:

1. GENSYS controller
2. Emergency stop button
3. Κλειδαριά

Εσωτερική όψη:

4. Ασφάλειες 230V AC
5. Ανεμιστήρας ψύξης
6. Σύνδεση Εντολών - μετρήσεων

GENSYS

Σχήμα 3.2

Ανάλυση του GENSYS

Ο πίνακας μέσω του ηλεκτρονικού ελεγκτή GENSYS μπορεί να λειτουργήσει με δύο διαφορετικούς τρόπους, όπως περιγράφονται στη συνέχεια.

3.3.3.1 Χειροκίνητη λειτουργία

Πιέζοντας το πλήκτρο MANUAL του GENSYS ανάβει η αντίστοιχη ενδεικτική λυχνία. Στην κατάσταση αυτή, όλες οι λειτουργίες μπορούν να πραγματοποιηθούν χειροκίνητα:

- Η εκκίνηση του H/Z γίνεται πιέζοντας το START
- Η παύση λειτουργίας του H/Z γίνεται πιέζοντας του πλήκτρο STOP. Το H/Z σταματάει την λειτουργία του μετά τον προκαθορισμένο χρόνο ψύξης.
- Η ρύθμιση της συχνότητας της γεννήτριας γίνεται χειροκίνητα με τα πλήκτρα + και –
- Η ρύθμιση της τάσης εξόδου γίνεται χειροκίνητα με τα πλήκτρα shift++ και --
- Ο σπλισμός του διακόπτη ισχύος του H/Z γίνεται με το αντίστοιχο πλήκτρο 0/1. Ο διακόπτης ισχύος σπλίζει μόνο όταν πληρούνται οι συνθήκες συγχρονισμού.

3.3.3.2 Αυτόματη λειτουργία

Πιέζοντας το πλήκτρο AUTO του GENSYS ανάβει η αντίστοιχη ενδεικτική λυχνία.

Στην κατάσταση αυτή, όλες οι λειτουργίες πραγματοποιούνται αυτόματα ως εξής:

Το H/Z ξεκινά αυτόματα (χωρίς φορτίο) και παραλαμβάνει το φορτίο σε διάστημα μικρότερο από 15 sec, όταν η τάση οποιασδήποτε φάσης της ΑΗΚ διακοπεί αυξηθεί ή μειωθεί από προκαθορισμένο όριο (π.χ. 70 ή 80% της ονομαστικής τιμής), που μπορεί να ρυθμιστεί κατά βούληση. Η μεταγωγή του φορτίου γίνεται με ηλεκτρική και μηχανική μανδάλωση, ώστε να αποκλείεται η παράλληλη λειτουργία της ΑΗΚ και του H/Z.

Η εκκίνηση και το σταμάτημα του H/Z γίνεται μέσω σήματος remote start ή μέσω του CAN bus. Ο GENSYS επιτηρεί την παροχή της γεννήτριας:

- Μόλις πραγματοποιηθεί ο συγχρονισμός της γεννήτριας, κλείνει αυτόματα ο διακόπτης ισχύος της γεννήτριας και συνδέεται με το bus

- Σε περίπτωση που για οποιοδήποτε λόγο κάποια από τις συνθήκες συγχρονισμού παύσει να ισχύει ή δημιουργηθεί ανάστροφη παροχή τότε απενεργοποιείται αυτόματα ο διακόπτης ισχύος του Η/Ζ και ο GENSYS ξεκινά ξανά την διαδικασία συγχρονισμού.
- Σε περίπτωση που η διαδικασία συγχρονισμού αποτύχει για 3^η συνεχόμενες προσπάθειες τότε ο GENSYS παράγει σήμα σφάλματος και διακόπτει την λειτουργία του Η/Ζ
- Όταν το σήμα remote start παύει να υπάρχει τότε ο GENSYS απενεργοποιεί το Η/Ζ σταδιακά μετατοπίζοντας το φορτίο στην περιοχή του δικτύου (upload ramp). Στο τέλος της ράμπας ο GENSYS απενεργοποιεί πλήρως το Η/Ζ

3.3.3.3 Προστασίες-Λειτουργίες

Ο GENSYS 2.0 έχει ενσωματωμένες προστασίες και ελέγχων οι οποίες είναι ενεργοποιημένες τόσο στην κατάσταση manual όσο και στην κατάσταση auto. Αυτές είναι:

- Έλεγχος συγχρονισμού
- Reverse power
- KW – KVAR
- Cosφ
- Output Faults

3.3.3.4 Χώρος εγκατάστασης του ελεγκτή GENSYS

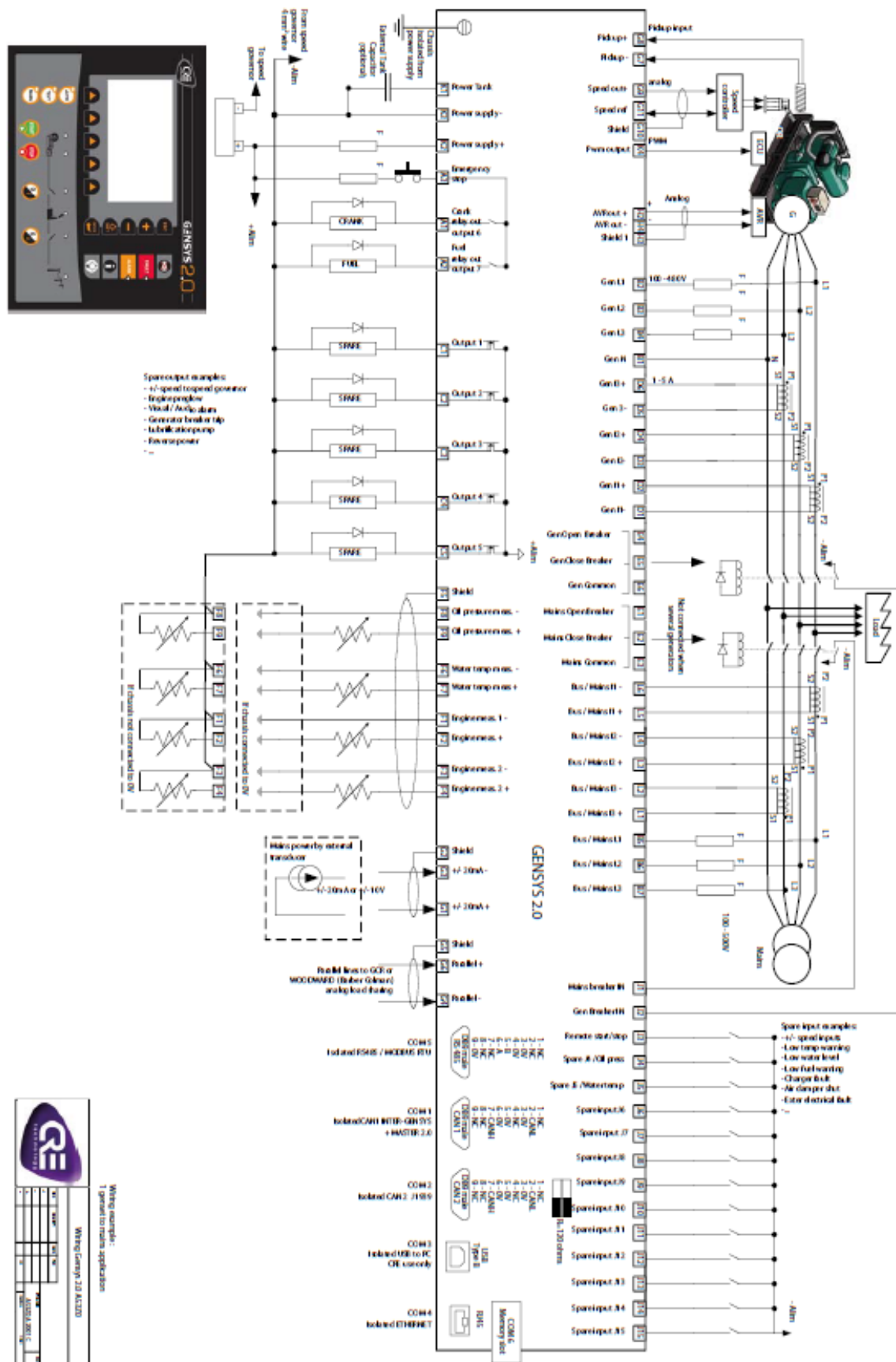
Ο χώρος εγκατάστασης του GENSYS είναι κάτω από σκέπαστρο για την αποφυγή προβλημάτων από καταιγίδες και μάλιστα είναι κλειδωμένο και απομακρυσμένο από το κοινό για λόγους ασφαλείας των στοιχείων και για να αποφεύγεται ο έλεγχος των γεννητριών από μη αρμόδια άτομα.



Εικόνα 3.10

Χώρος εγκατάστασης των ελεγκτών GENSYS

3.3.3.5 Διάγραμμα συνδεσμολογίας



3.3.4 Πίνακας αυτόματης μεταγωγής φορτίου

Όταν το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος εγκαθίσταται για να παρέχει αυτόματα εφεδρική ισχύ σε περίπτωση αστοχίας της κύριας παροχής, απαιτείται η εγκατάσταση ενός πίνακα μεταγωγής φορτίου. Αυτό ο πίνακας έχει σχεδιαστεί για να αντιλαμβάνεται τότε η κύρια παροχή αδυνατεί να παρέχει ισχύ, να σηματοδοτεί την έναρξη λειτουργίας του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους, να μεταστρέφει το φορτίο από την εξασθενημένη παροχή ισχύος προς το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος και στη συνέχεια να μεταστρέφει πίσω μετά την αποκατάσταση της κύριας παροχής.

Έτσι μέσω του πίνακα αυτού γίνεται η επιλογή τροφοδοσίας του κτιρίου, είτε από ΑΗΚ είτε από το Η/Ζ. Στον πίνακα αυτόν πρέπει να συνδεθούν τα καλώδια ισχύος που έρχονται από τον διακόπτη εξόδου της γεννήτριας αλλά και τα αντίστοιχα καλώδια που έρχονται από την παροχή της ΑΗΚ. Επίσης στον πίνακα μεταγωγής συνδέονται τα καλώδια αυτοματισμού που μεταφέρουν τις πληροφορίες από το Η/Ζ στον πίνακα μεταγωγής και αντίστροφα, καθώς και τα καλώδια τροφοδοσίας με ρεύμα ΑΗΚ για τον φορτιστή μπαταριών και τις προθερμάνσεις που βρίσκονται επάνω στο Η/Ζ και τα καλώδια τα οποία δίνουν την εντολή στο GENSYS για την έναρξη και τον παραλληλισμό του συστήματος.

Πρέπει να υπάρξει προσοχή στα παρακάτω τρία σημεία:

1. Προσοχή στους ουδέτερους της ΑΗΚ και του Η/Ζ ώστε να μην γίνει μπέρδεμα γιατί σε αντίθετη περίπτωση προκαλούνται προβλήματα και ζημιές.
2. Στην φάση της εγκατάστασης των καλωδίων πρέπει να γνωρίζουμε πόσα καλώδια αυτοματισμού χρειαζόμαστε (διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο του Η/Ζ).
3. Μετά το τέλος της σύνδεσης όλων των καλωδίων ελέγχουμε ότι έρχεται σωστή παροχή 230V για την φόρτιση των μπαταριών και των προθερμάνσεων. Διότι σε διακοπή της τροφοδοσίας (π.χ. χαλαρή σύνδεση, καμένη ασφάλεια) το Η/Ζ δεν θα είναι σε θέση να εκκινήσει.

Την εργασία της μεταγωγής την εκτελούν μεταγωγικοί διακόπτες αυτόματοι ή μη . Οι διακόπτες αυτοί είναι τετραπολικόι , 3 φάσεις και ο ουδέτερος. Ο αγωγός της γειώσεως είναι συνδεδεμένος με τον ουδέτερο της γεννήτριας και καταλήγει στον ισοδυναμικό ζυγό γειώσεως.

Ένας τετραπολικός διακόπτης έχει τις εξής θέσεις :

1. Παροχή από ΑΗΚ
0. Νεκρή περιοχή (εκτός ΑΗΚ και Η/Ζ)
2. Παροχή Η/Ζ

3.3.5 Περιγραφή ATS (Αυτόματου διακόπτη)

Ο ηλεκτρικός διακόπτης είναι ένα ηλεκτρολογικό στοιχείο το οποίο επιτρέπει την μεταφορά φορτίου ανάμεσα σε δύο πηγές. Κάποιοι διακόπτες είναι χειροκίνητοι σε αυτές τις περιπτώσεις χρειάζεται η ανθρώπινη επέμβαση για να γίνει η μεταγωγή φορτίου. Άλλοι διακόπτες είναι αυτόματοι και αντιλαμβάνονται όταν ένα στοιχείο χρειάζεται ενέργεια και τότε αλλάζουν την μεταγωγική επαφή.

Ένας αυτόματος διακόπτης είναι συχνά εγκατεστημένος σε μια εγκατάσταση εφεδρικής τροφοδοσίας η οποία αποτελείται από γεννήτριες, έτσι ώστε η γεννήτρια να μπορεί να μεταβιβάσει το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα στα φορτία τα οποία το έχουν ανάγκη.

Το H/Z θα μεσολαβεί μεταξύ του πίνακα ρευματοδότης και του πίνακα διανομής, η ηλεκτρική ενέργεια του δικτύου της ΑΗΚ διερχόμενη μέσω αυτών θα επιτηρείται από τον επιτηρητή τάσεως του H/Z και εφόσον και οι τρεις φάσεις της κύριας παροχής έχουν κανονική τάση, η εγκατάσταση θα τροφοδοτείται από την κυρίως παροχή.

- i. Σε περίπτωση διακοπής ή ακαταλληλότητας της ποιότητας ρεύματος μίας ή και περισσότερων φάσεων της ΑΗΚ, θα διεγείρεται αυτόματα το ηλεκτρονικό σύστημα, θα διακόπτει εντελώς τη ρευματοδότης του δικτύου της ΑΗΚ, θα εκκινεί το H/Z και θα αναλαμβάνει τα φορτία της κατανάλωσης. Όταν λαμβάνεται το σήμα ότι υπάρχει πρόβλημα στο ρεύμα του δικτύου, θα ανοίγει η επαφή του ρεύματος του δικτύου και θα ενεργοποιείται το χρονικό καθυστέρησης στην εκκίνηση. Η ρυθμιζόμενη αυτή χρονική καθυστέρηση θα συντελεί στην αποφυγή λανθασμένων εκκινήσεων από στιγμιαίες διακοπές ΑΗΚ ή σε 55 περίπτωση που η τάση παρουσιάζει στιγμιαίες διακυμάνσεις. Όταν ο χρόνος ρύθμισης του χρονικού καθυστέρησης επέλθει, θα δίνεται σήμα εκκίνησης.
- ii. Μετά την αποκατάσταση και των τριών φάσεων του δικτύου της ΑΗΚ στην κανονική τάση, θα ενεργοποιείται το χρονικό καθυστέρησης της μεταγωγής από το H/Z στο δίκτυο και όταν παρέλθει ο ρυθμιζόμενος χρόνος θα μετάγεται το φορτίο στη ΑΗΚ. Εάν κατά τη διάρκεια της παραπάνω χρονικής καθυστέρησης επανεμφανιστεί σφάλμα δικτύου, τότε θα ακυρώνεται η εντολή κράτησης του H/Z και θα γίνεται άμεση μεταγωγή των φορτίων στο H/Z. Εάν δεν εμφανιστούν σφάλματα στο δίκτυο το χρονικό ψύξης του κινητήρα θα εξασφαλίζει την λειτουργία του H/Z χωρίς φορτίο, ώστε να ψυχθεί το H/Z πριν διακοπεί η λειτουργία του.

Δηλαδή οι λειτουργίες του είναι:

- i. Ελέγχει την τροφοδοσία από το δίκτυο για τυχόν διακοπές.
- ii. Μεταφέρει την τροφοδοσία του φορτίου από την μια πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην άλλη, στην περίπτωση μας τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη.
- iii. Χρησιμοποιείτε για να γίνεται η συντήρηση των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών

Ο πιο σημαντικός παράγοντας για την επιλογή του αυτόματου διακόπτη ισχύος είναι τα φορτία που τροφοδοτεί και κυρίως τα ρεύματα που διαχειρίζεται. Οι περισσότεροι είναι κατασκευασμένοι να αντέχουν 6 έως 10 φορές το ονομαστικό τους ρεύμα.

3.3.5.1 Ο αυτόματος διακόπτης που χρησιμοποιήθηκε

Στην εγκατάσταση την οποία μελετάμε οι αυτόματοι διακόπτες ισχύος που χρησιμοποιούνται είναι της εταιρίας ABB και πιο συγκεκριμένα το μοντέλο “Sace Emax X1”.

Το μοντέλο Sace Emax X1 έχει προέλθει μετά από ανάπτυξη 60 χρόνων και είναι κυρίαρχο στοιχείο στα κυκλώματα αυτόματης έναρξης και διακοπής. Είναι πολύ μικρό σε μέγεθος, εξαιρετικά ισχυρό και απόλυτα ασφαλές. Είναι εύκολο κατά την τοποθέτηση και την συνδεσμολογία καθώς ακόμα και για την σύνδεση με εξωτερική πηγή τροφοδοσίας δεν χρειάζεται να μπουν βίδες.

Το συγκεκριμένο μοντέλο διατίθεται σε συγκεκριμένες διαστάσεις και μπορεί να διαχειριστεί ρεύματα από 1600A έως 150kA και τάσεις 415V AC.

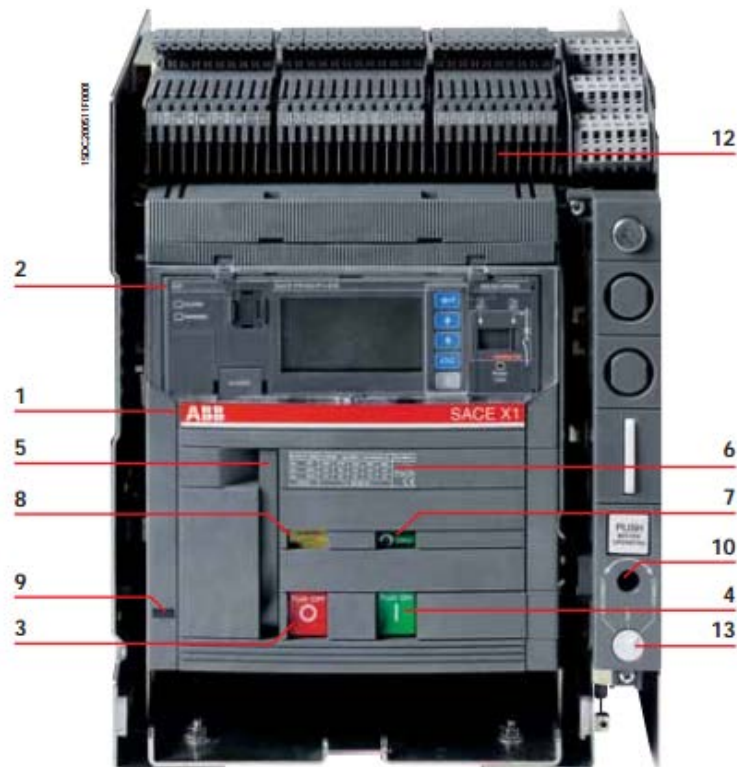
Ο κύριος διακόπτης ελέγχου βρίσκεται στην εμπρός πλευρά του πίνακα και έχει τρεις θέσεις:

- Αυτόματο (Auto) Η κανονική θέση για την αυτόματη λειτουργία.
- Έλεγχος χωρίς μεταφορά (test without transfer) Για τον έλεγχο της λειτουργίας των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών χωρίς σύνδεση με φορτίο. Αυτός ο διακόπτης ενεργοποιεί άμεσα το σύστημα των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών.
- Έλεγχος με μεταφορά (test with transfer) Για έλεγχο του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους με συνδεδεμένο φορτίο. Στην περίπτωση αυτή προσομοιώνεται το σύστημα να λειτουργεί υπό το φορτίο.

Πέρα από τον κύριο διακόπτη ελέγχου υπάρχει και ένας διακόπτης παράκαμψης ελέγχου για αποκλειστική χρήση από το προσωπικό συντήρησης.

Ο διακόπτης παρουσιάζεται παρακάτω:





Εικόνα 3.11

Αυτόματος διακόπτης ισχύος

1. Trademark. Μάρκα και τύπος μοντέλου.
2. Ηλεκτρονική μονάδα με οθόνη στην οποία φαίνονται οι λειτουργίες.
3. Κουμπί χειροκίνητης λειτουργίας ανοίγματος διακόπτη.
4. Κουμπί χειροκίνητης λειτουργίας κλεισίματος διακόπτη.
5. Διακόπτης έλεγχου των ελατηρίων του διακόπτη.
6. Ταμπελάκι με τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του διακόπτη.
7. Ένδειξη μηχανικού ή χειροκίνητου κλεισίματος διακόπτη.
8. Ένδειξη οπλισμού των ελατηρίων.
9. Ένδειξη μηχανικής αφόπλισης του μηχανισμού.
10. Φωτεινή ένδειξη μεταβίβασης φορτίου.
12. Κλεμοσειρά.
13. Θέση του μηχανισμού σε κατάσταση test.

Εικόνα του αυτόματου διακόπτη στην εγκατάσταση για την κάθε γεννήτρια και το εσωτερικό του:



Εικόνα 3.12

Πίνακες εγκατάστασης

3.3.6 Πίνακες ελέγχου των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών από την ΑΗΚ

Η ΑΗΚ μετά την απόφαση της για την δημιουργία του “Εικονικού δικτύου” παραγωγής ενέργειας, εγκατέστησε στην τοποθεσία που βρίσκονται οι γεννήτριες καποιούς δικούς της πίνακες, με σκοπό τον απομακρυσμένο έλεγχο των γεννητριών από το κέντρο της ΑΗΚ σε περιπτώσεις που υπάρχει ανάγκη για περισσότερο φορτίο στο δίκτυο και για την διευκόλυνση του συγχρονισμού των γεννητριών με το δίκτυο.



Εικόνα 3.13

Πίνακες απομακρυσμένου ελέγχου της ΑΗΚ

Οι πίνακες αυτοί λαμβάνουν απομακρυσμένη εντολή από την ΑΗΚ και συνεργάζονται με τον πίνακα ελέγχου παραλληλίας με σκοπό τον συγχρονισμό των γεννητριών με το δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας και τον παραλληλισμό τους με το δίκτυο. Στην συνέχεια δίνουν εντολές για την ρύθμιση των στροφών και της συχνότητας των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών έτσι η ΑΗΚ έχει την δυνατότητα να δεχτεί με ακρίβεια το φορτίο που χρειάζεται και να μην υπάρξουν προβλήματα κατά την διάρκεια του παραλληλισμού. Τέλος οι πίνακες αυτοί συνδέονται με τους πίνακες ζεύξης των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών και με τους πίνακες μεταφοράς ισχύος οι οποίοι συνδέονται μέσω μετασχηματιστών με το ηλεκτρικό δίκτυο. Παρακάτω παρουσιάζονται οι πίνακες αυτοί και τα χαρακτηριστικά τους.

3.4 Πίνακες σύνδεσης ηλεκτροπαραγωγών ζευγών με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι πίνακες αυτοί αναλαμβάνουν:

- Την μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας από τα Η/Ζ στο ηλεκτρικό δίκτυο.
- Την μέτρηση των στοιχείων που μεταφέρονται (ρεύμα, τάση, ισχύς).
- Τον τελικό έλεγχο των παραγόντων συγχρονισμού για την έναρξη της παραλληλίας.
- Την επικοινωνία με τους πίνακες της ΑΗΚ και με τον ελεγκτή GENSYS.

Οι πίνακες αυτοί αποτελούνται από:

- Μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας.
- Τριφασικό επιτηρητή τάσης για την εντολή εκκινήσεως του Η/Ζ σε περίπτωση γενικής διακοπής ή διακοπής μια εκ των τριών φάσεων.
- Μεταγωγικούς διακόπτες.
- Συστήματα προστασίας από υπερεντάσης και υπερτάσης.
- Συστήματα γειώσεων.
- Μετασχηματιστές.
- Αγωγούς υψηλής τάσης.
- Συστήματα ψύξης.

Παρακάτω παρουσιάζεται ανοιγμένος ο πίνακας μεταγωγής φορτίου προς το δίκτυο:



Εικόνα 3.14

Πίνακας σύνδεσης Η/Ζ με δίκτυο

3.4.1 Μετασχηματιστές

Μετασχηματιστές ονομάζονται γενικώς οι ηλεκτρικές μηχανές οι οποίες δεν έχουν περιστρεφόμενα μέρη.

Με αυτούς επιτυγχάνεται αλλαγή των χαρακτηριστικών της ισχύος.

Συγκεκριμένα, στις μηχανές αυτές προσδίδεται ορισμένο ποσό ενέργειας δεδομένων χαρακτηριστικών $P_1 = V_1 \cdot I_1 \cdot \text{συνφ}_1$ από μια πηγή εναλλασσόμενης τάσης, συχνότητας f , και αποδίδεται το αυτό περίπου ποσό ενέργειας σε μια ή περισσότερες καταναλώσεις διαφορετικών χαρακτηριστικών, $P_2 = V_2 \cdot I_2 \cdot \text{συνφ}_2$.

Δεχόμαστε ότι η προσδιδόμενη ισχύς (P_1) είναι περίπου ίση προς την παραλαμβανόμενη (P_2) ($P_1 \approx P_2$), επειδή οι μηχανές αυτές δεν έχουν περιστρεφόμενα μέρη (στατοί μετασχηματιστές), και συνεπώς ο βαθμός απόδοσής τους είναι υψηλός, της τάξης του 95% έως 98%.

Αφού δεν έχουμε μηχανικές απώλειες, η απόδοσή τους καθορίζεται αποκλειστικά από τις ηλεκτρικές απώλειες ή και τις μαγνητικές, οι οποίες ανέρχονται συνολικά στο 2% έως 5% της μεταβιβαζόμενης ισχύος.

Ο βαθμός απόδοσης των μετασχηματιστών δεν είναι σταθερός, αλλά εξαρτάται από τις συνθήκες φόρτισης τους, καθώς και από την κατάσταση συντήρησης ή εγκατάστασής τους.

Ανάλογα με το μέγεθος των τάσεων οι μετασχηματιστές κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες:

- στους μετασχηματιστές ανύψωσης τάσης
- στους μετασχηματιστές υποβιβασμού τάσης.

Ανάλογα με τον προορισμό τους οι μετασχηματιστές διακρίνονται σε:

- μονοφασικούς μετασχηματιστές, και
- πολυφασικούς μετασχηματιστές (συνηθέστεροι είναι οι τριφασικοί).

Ανάλογα με τη χρήση τους διακρίνονται σε:

- μετασχηματιστές ισχύος (μετασχηματιστές τάσης και μετασχηματιστές έντασης)
- μετασχηματιστές ηλεκτρικών μετρήσεων
- διαφορικούς μετασχηματιστές
- ειδικούς μετασχηματιστές (αυτομετασχηματιστές κ.τ.λ.)
- μετασχηματιστές φάσης (μετατρέπουν την ενέργεια τριφασικού συστήματος σε ενέργεια εξάφασικού συστήματος, και αντίστροφα).

Ανάλογα με τον τρόπο ψύξης τους διακρίνονται σε:

- ξηρούς μετασχηματιστές.
- μετασχηματιστές λαδιού.

Μονοφασικοί μετασχηματιστές - αρχή λειτουργίας

Η αρχή λειτουργίας των μετασχηματιστών στηρίζεται στο φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής. Όταν το πρωτεύον τυλίγμα αριθμού σπειρών n_1 τροφοδοτηθεί με την εναλλασσόμενη τάση της πηγής V_1 , τότε κυκλοφορεί ρεύμα έντασης I_1 .

Το ρεύμα αυτό δημιουργεί εντός του πυρήνα εναλλασσόμενη μαγνητική ροή. Λόγω αυτής της εναλλασσόμενης μαγνητικής ροής στο δευτερεύον τυλίγμα (αριθμού σπειρών n_2), το οποίο είναι τοποθετημένο στον ίδιο πυρήνα, αναπτύσσεται εξ επαγωγής ΗΕΔ (E_2).

Αν στα άκρα του τυλίγματος n_2 συνδεθεί ένα φορτίο K , τότε κυκλοφορεί σ' αυτό ρεύμα I_2 τάσης V_2 . Η τάση V_2 ονομάζεται τάση δευτερεύοντος και το ρεύμα I_2 ονομάζεται ρεύμα δευτερεύοντος. Διακρίνονται δύο χαρακτηριστικές συνθήκες λειτουργίας των μετασχηματιστών:

- Λειτουργία σε κενό (με ανοικτό το δευτερεύον)
- Λειτουργία με φορτίο.

Χωρίς να παραθέσουμε τις αποδείξεις για τη λειτουργία σε κενό, ο λόγος μετασχηματισμού (ή σχέση μεταφοράς) είναι ίσος προς:

$$k = \frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Από την τελευταία σχέση παρατηρούμε ότι το ρεύμα στο δευτερεύον ανυψώνεται, όταν η τάση του δευτερεύοντος υποβιβάζεται και αντίστροφα το ρεύμα στο δευτερεύον υποβιβάζεται, όταν η τάση του δευτερεύοντος ανυψώνεται.

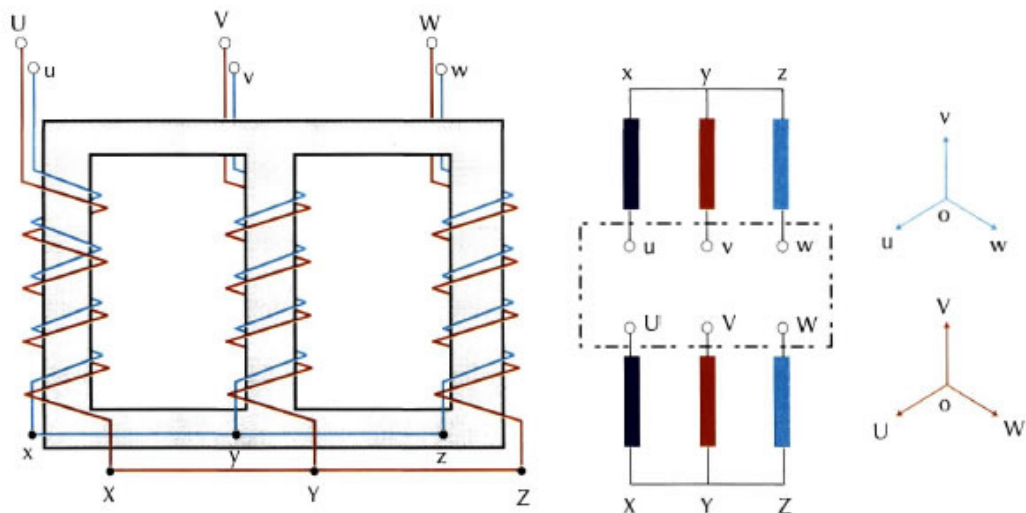
Τριφασικοί μετασχηματιστές

Οι τριφασικοί μετασχηματιστές είναι συσκευές οι οποίες μετασχηματίζουν την ηλεκτρική ισχύ, την οποία παραλαμβάνουν από πηγή τριφασικού ρεύματος και την αποδίδουν σε τριφασικό αποδέκτη.

Αν η μετασχηματισμένη τάση στον τριφασικό αποδέκτη (εξόδου) έχει υποβιβαστεί συγκριτικά με την τάση εισόδου στον μετασχηματιστή, τότε το ρεύμα στον τριφασικό αποδέκτη (εξόδου) ανυψώνεται. Αντιστρόφως, αν η τάση (εξόδου) ανυψωθεί, τότε το ρεύμα υποβιβάζεται.

Τρεις μονοφασικοί μετασχηματιστές κατάλληλα συνδεδεμένοι αποτελούν τριφασικό μετασχηματιστή.

Τα ελεύθερα άκρα των τριών φάσεων της Υ.Τ. χαρακτηρίζονται με τα κεφαλαία γράμματα U, V, W, ενώ της Χ.Τ. με τα αντίστοιχα μικρά u, v, w.



Σχήμα 3.3

Τριφασικός μετασχηματιστής ζεύξης αστέρα - αστέρα

Βαθμός απόδοσης μετασχηματιστή (η)

Ονομάζεται βαθμός απόδοσης ενός μετασχηματιστή ο λόγος της πραγματικής ισχύος που αποδίδει το δευτερεύον προς την πραγματική ισχύ που απορροφά το πρωτεύον, όταν αυτό τροφοδοτείται από την ονομαστική τάση του:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + P_\eta + P_\mu}$$

όπου: $P_2 = \sqrt{3} \cdot V_2 \cdot I_2 \cdot \cos\phi_2$ (ισχύς δευτερεύοντος).

P_η = Ηλεκτρικές απώλειες λόγω του φαινομένου τζάουλ στα τυλίγματα, οι οποίες καλούνται και «απώλειες χαλκού».

P_μ = Μαγνητικές απώλειες λόγω υστέρησης και δινορρευμάτων στο σιδερένιο πυρήνα του μαγνητικού κυκλώματος, οι οποίες καλούνται και «απώλειες σιδήρου».

3.4.2 Μετασχηματιστές που χρησιμοποιήθηκαν στην εγκατάσταση

Οι μετασχηματιστές που χρησιμοποιήθηκαν στην εγκατάσταση μετά τον διαχωρισμό του φορτίου σε 4^α βασικά μέρη είναι της εταιρίας είναι της εταιρίας ΕΛΒΗΜ (Schneider Electric) και πιο συγκεκριμένα το μοντέλο Cenelec- HD538. Τα χαρακτηριστικά του παρουσιάζονται παρακάτω:

- Ονομαστική ισχύς από 400kVA έως 2,5MVA (επιλέχθηκε στα 1000kVA)
- Ονομαστικό επίπεδο μόνωσης έως 36kV
- Ονομαστική συχνότητα 50Hz
- Τυλίγματα μονωμένα σε χυρορητίνη
- Αποθήκευση σε χαμηλή θερμοκρασία έως -60°C
- Ασφάλεια σε ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες λειτουργίας
- Αυξημένη αντοχή στην σκόνη και στην υγρασία

Όλοι οι μετασχηματιστές έχουν περάσει την δοκιμή κρουστικής τάσης από κεραυνό σε τάση 30kV. Παρέχει απόλυτη ασφάλεια και σεβασμό προς το περιβάλλον και αποτελείται από 100% ανακυκλώσιμα υλικά και αποτελεί μηδενική πηγή μόλυνσης προς το περιβάλλον.

Παρακάτω παρουσιάζεται εικόνα του μετασχηματιστή στην εγκατάσταση:



Εικόνα 3.15

Εικόνα μετασχηματιστή από την εγκατάσταση

3.4.3 Μέσα προστασίας

Τα μέσα προστασίας σε μια τέτοια εγκατάσταση είναι αναγκαία. Τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής:

- Χώρος απομακρυσμένος από το κοινό, ο οποίος ελεγχεται από αρμόδιο άτομο για την είσοδο και έξοδο εξουσιοδοτημένων ατόμων.
- Η εγκατάσταση των Η/Ζ πρέπει να γίνεται σε χώρο απομακρυσμένο από μολυσματικά στοιχεία του ατμοσφαιρικού αέρα όπως σκόνες, λάδια κ.α όπως και πρέπει να διατηρήτε μεγάλη απόσταση από έφλεκτα υλικά.
- Το έδαφος το οποίο γίνεται η εγκατάσταση πρέπει να είναι στέρεο και επίπεδο για να μην προκαλούνται μετατοπίσεις του Η/Ζ κατά την λειτουργία του από τους κραδασμούς.
- Σύνδεση κάθε ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους ξεχωριστά με ηλεκτρική γείωση.
- Προστασία των ηλεκτρικών καλωδίων που βρίσκονται στο έδαφος και εγκωβισμός τους σε κλειστό εσωτερικό χώρο για αποφυγή βλάβης και τραυματισμού.
- Χρήση διακοπών τύπου Emergency Stop στα μέρη ελέγχου της εγκατάστασης Πινακές Gensys και στις γεννήτριες για την προστασία ατόμων που βρίσκονται τυχαία κοντά τους κατά την έναρξη.
- Ηχητική προειδοποίηση κατά την έναρξη της λειτουργίας του συστήματος.
- Χρήση σχάρας στο κατένασμα των καλωδίων για να μην κρέμονται και να μην υπάρχει περίπτωση να φθαρούν χωρίς λόγο.
- Αυτόματο σύστημα πυροσβεσής για την προστασία των καλωδίων και των διακοπών φορτίου με μπουκάλες διοξειδίου του άνθρακα (CO_2).



Εικόνα 3.16

Μέσα προστασίας

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ”

Αφού αναλύσαμε όλα τα στοιχεία τα οποία αποτελούν το κύκλωμα στο οποίο οι γεννήτριες συνομολογήθηκαν με τα φορτία του εμπορικού κέντρου, ακολουθούν τα διαγράμματα συνδεσμολογίας και η ανάλυση τους.

4.1 Γενικά

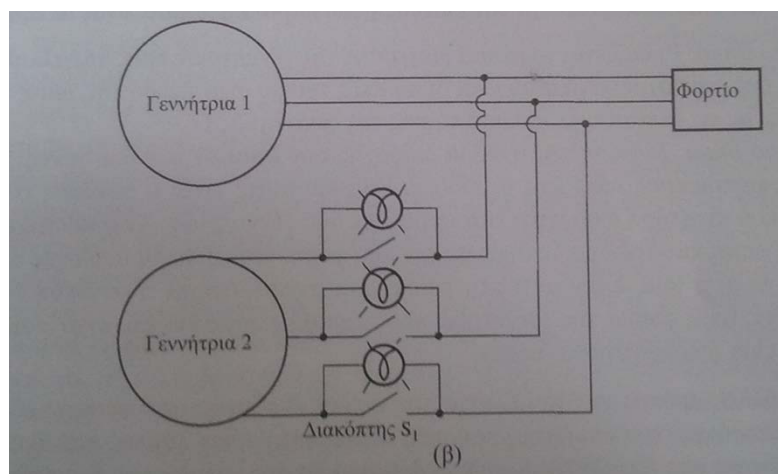
Στις μέρες μας η αυτόνομη λειτουργία σύγχρονων γεννητριών είναι πολύ σπάνια. Σχεδόν πάντα εμφανίζονται πάνω από μια γεννήτριες που συνδέονται παράλληλα μεταξύ τους για την ικανοποίηση των απαιτήσεων του φορτίου. Τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα του παραλληλισμού σύγχρονων γεννητριών είναι:

- Το μέγεθος του φορτίου που μπορούν να τροφοδοτήσουν περισσότερες από μια γεννήτριες είναι πολύ μεγαλύτερο απ'αυτό που είναι ικανή να υποστηρίξει μόνο μια γεννήτρια
- Η αξιοπιστία ενός τέτοιου συστήματος είναι πολύ μεγαλύτερη, καθώς τυχόν βλάβη σε μια από τις γεννήτριες δεν αφήνει το φορτίο χωρίς τροφοδοσία.
- Όταν πολλές γεννήτριες σύγχρονες λειτουργούν παράλληλα, είναι δυνατή η απομάκρυνση και η διακοπή της λειτουργίας της μιας απ'αυτές χωρίς να υπάρχουν προβλήματα στην τροφοδοσία ώστε σε τακτά χρονικά διαστήματα να υποβάλλεται σε προληπτική συντήρηση.

4.1.1 Προϋποθέσεις για τον παραλληλισμό σύγχρονων γεννητριών

- Οι ενεργές τιμές των πολικών τάσεων στα άκρα των δυο γεννητριών να είναι ίσες
- Η σειρά διαδοχής των φάσεων στις δύο γεννήτριες να είναι η ίδια
- Οι φάσεις των τάσεων στις φάσεις α και α' να είναι ίσες
- Η συχνότητα της γεννήτριας που πρόκειται να εισαχθεί στο σύστημα και που ονομάζεται γεννήτρια προς παραλληλισμό να είναι ελαφρά μεγαλύτερη από τη συχνότητα λειτουργίας του υπάρχοντος
- Τα στοιχεία των γεννητριών να είναι παρόμοια

4.1.2 Διαδικασία παραλληλισμού σύγχρονων γεννητριών



Σχήμα 4.1

Παραλληλισμός γεννητριών

Έστω ότι η γεννήτρια G_2 (σχήμα 4.1) πρόκειται να συνδεθεί στο σύστημα του παρακάτω σχήματος. Τα βήματα που πρέπει να γίνουν είναι τα εξής:

- i. Ρυθμίζεται το ρεύμα διέγερσης της γεννήτριας προς παραλληλισμό G_2 ενώ ταυτόχρονα μετρούνται οι πολικές τάσεις στην έξοδο της, ώστε να είναι ίσες με τις αντίστοιχες πολικές τάσεις της γεννήτριας G_1 .
- ii. Συγκρίνεται η σειρά διαδοχής των φάσεων των γεννητριών χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους. Μια απ'αυτές είναι η σύνδεση ενός επαγωγικού κινητήρα διαδοχικά στα άκρα των δυο γεννητριών. Αν ο κινητήρας περιστρέφεται και στις δυο δοκιμές με την ίδια φορά, τότε η σειρά διαδοχής των φάσεων είναι ίδια. Στην αντίθετη περίπτωση αντιστρέφεται η σύνδεση των δύο από τις τρεις φάσεις της γεννήτριας προς παραλληλισμό και επιτυγχάνεται η σωστή διαδοχή των φάσεων. Ένας άλλος πιο αξιόπιστος τρόπος για τον έλεγχο της σειράς διαδοχής των φάσεων είναι ο εξής: στα άκρα του ανοιχτού διακόπτη συνδέονται 3^{ης} λάμπες φωτισμού όπως γίνεται στο παρακάτω σχήμα. Καθώς η διαφορά φάσης μεταξύ των δύο άκρων της κάθε λάμπας μεταβάλλεται γ αντίστοιχη λάμπα αποκτά μεγάλη φωτεινότητα (μεγάλη διαφορά φάσης) και κατόπιν παρουσιάζει μικρότερη (μικρή διαφορά φάσης). Αν όλες οι λάμπες αποκτούν ταυτόχρονα τη μέγιστη και την ελάχιστη φωτεινότητα, τότε οι δύο γεννήτριες παρουσιάζουν την ίδια σειρά διαδοχής των φάσεων. Στην περίπτωση που οι λάμπες αποκτούν τη μέγιστη σειρά διαδοχής των φάσεων στη γεννήτρια προς παραλληλισμό θα πρέπει να διορθωθεί. Η διαδικασία παραλληλισμού συνεχίζεται με τη ρύθμιση της συχνότητας της νέας γεννήτριας σε τιμή λίγο μεγαλύτερη από τη συχνότητα της υπάρχουσας γεννήτριας. Αυτό γίνεται αρχικά με τη μέτρηση της συχνότητας με ένα συχνότερο και κατόπιν με τον έλεγχο της διαφοράς φάσης που παρουσιάζουν τα δυο συστήματα. Ένας απλός τρόπος για την πραγματοποίηση του παραλληλισμού ακριβώς την κατάλληλη χρονική στιγμή είναι η παρατήρηση του συστήματος με τις τρεις λάμπες που αναφέραμε παραπάνω. Όταν τα δύο συστήματα βρίσκονται σε φάση, οι λάμπες δεν εμφανίζουν στα άκρα τους διαφορά δυναμικού και είναι συνεχώς σβηστές. Εκείνη την στιγμή μπορεί να γίνει ο παραλληλισμός. Τέλος σε μεγάλα συστήματα ισχύος που διαθέτουν και μεγάλη ισχύος γεννήτριες η παραπάνω διαδικασία είναι αυτοματοποιημένη και γίνεται από ηλεκτρονικούς υπολογιστές.

4.2 Ανάλυση της συνδεσμολογίας – κυρίως σχέδιο παραλληλισμού

Το γενικό πλάνο τροφοδοσίας του εμπορικού κέντρου που φαίνεται παρακάτω (σχήμα 4.2), αποτελεί το πιο απλό διάγραμμα ισχύος για την κατανόηση και την υλοποίηση της συνδεσμολογίας.

Στο παρακάτω διάγραμμα, φαίνονται οι γεννήτριες οι οποίες παίρνουν μέρος στο εφεδρικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας. Οι γεννήτριες όπως προαναφέραμε είναι οι εξής:

- G1 1000 kVA
- G2 1000 kVA
- G3 900 kVA
- G4 500 kVA
- G5 500 kVA

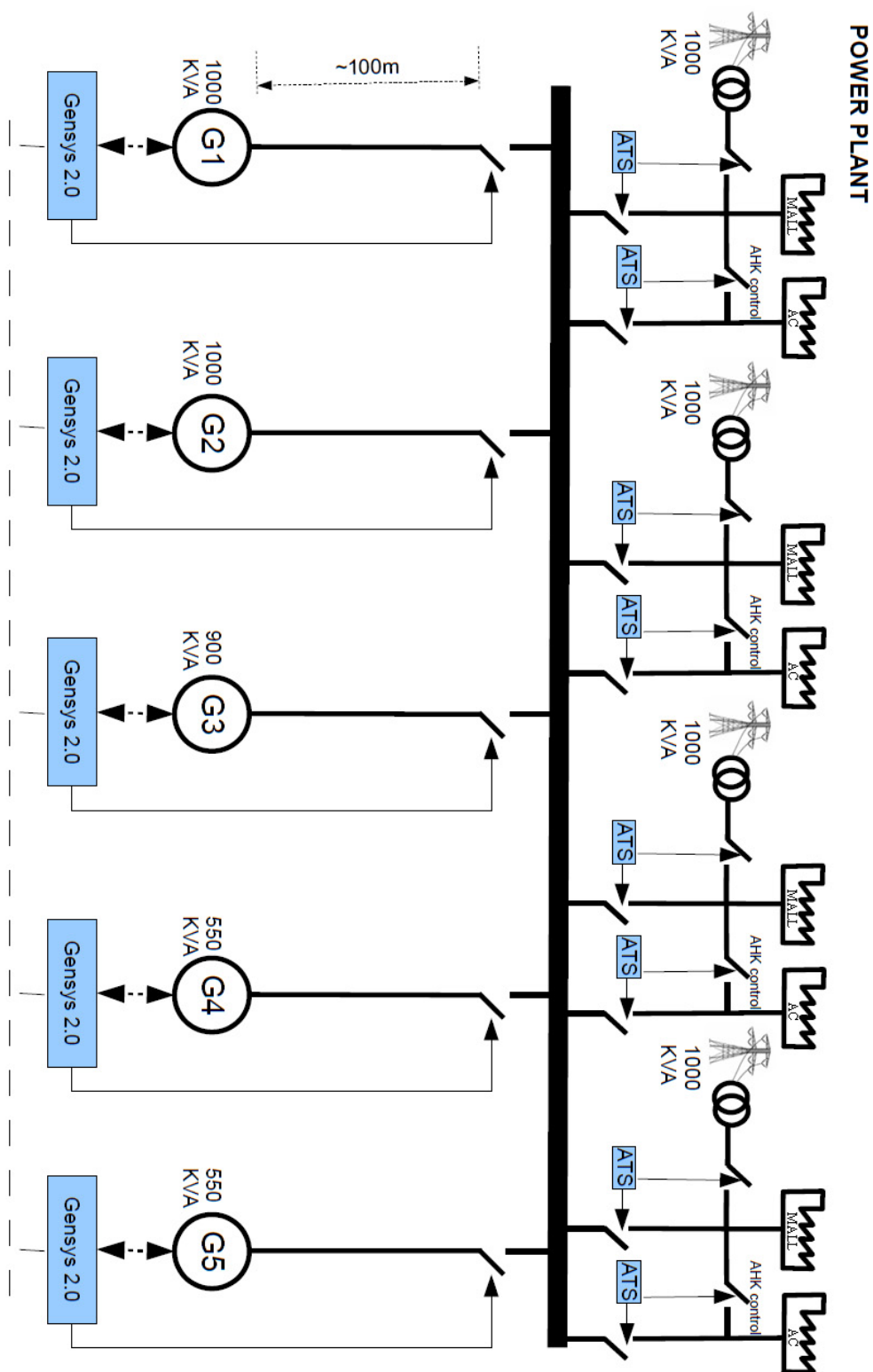
Οι γεννήτριες είναι συνδεσμολογισμένες η κάθε μια με το δικό της GENSYS 2.0 το οποίο όπως αναφέραμε ελέγχει αν η γεννήτρια έχει συγχρονιστεί με τις υπόλοιπες και όταν αυτό πληρείται τότε το GENSYS δίνει εντολή να κλείσει ο αυτόματος διακόπτης και η γεννήτρια να συνδεθεί με την γραμμή bus στην οποία συνδέονται όλες ανάλογα με τις ανάγκες του φορτίου. Η γραμμή bus βρίσκεται σε απόσταση 100m από της γεννήτριες και από αυτήν συνδέονται οι αυτόματοι διακόπτες ισχύος (ATS) οι οποίοι έχουν την δυνατότητα να κλείσουν αυτόματα ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε φορτίου με την προτεραιότητα που έχει δοθεί. Παρακάτω αναλύεται το πρώτο πλάνο σύνδεσης των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών πριν την καταστροφή του εργοστασίου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή πριν την σύνδεση του εφεδρικού συστήματος του εμπορικού κέντρου με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας της Κύπρου.

Αναλυτικότερα η διαδικασία παραλληλισμού με βάση το σχέδιο περιγράφεται παρακάτω:

- Οι αυτόματοι διακόπτες με εντολή του ελεγκτή GENSYS 2.0 με το που αντιληφτούν διακοπή της ηλεκτροδότησης αλλάζουν κατάσταση και μεταφέρονται στην θέση 0.
- Την στιγμή εκείνη ο ελεγκτής δίνει εντολή έναρξης της λειτουργίας των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών χωρίς όμως να συνδεθούν στην γραμμή bus.
- Ταυτόχρονα ελέγχονται οι προϋποθέσεις παραλληλίας και το κάθε ζεύγος συνδέεται στην γραμμή bus κλείνοντας τον διακόπτη που της ενώνει με αυτή.
- Οι αυτόματοι διακόπτες αλλάζουν κατάσταση και ξεκινάει η τροφοδοσία των φορτίων του εμπορικού κέντρου με την σειρά προτεραιότητας που έχει ορισθεί.
- Κατά την τροφοδοσία οι GENSYS συνεργάζονται μεταξύ τους και σε περίπτωση που οι ανάγκες του φορτίου είναι μικρές τότε ο GENSYS σβήνει τα ανάλογα Η/Ζ.
- Κατά την διάρκεια τροφοδοσίας γίνεται συνεχής έλεγχος για να μην υπάρξει πρόβλημα με τον συγχρονισμό των γεννητριών και σε τέτοια περίπτωση ο ελεγκτής GENSYS αναλαμβάνει να σταματήσει την λειτουργία της γεννήτριας που παρουσιάζει το πρόβλημα.
- Τέλος, όταν επιστρέψει η τροφοδοσία από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας ο ελεγκτής GENSYS αναλαμβάνει να διακόψει ομαλά την διαδικασία τροφοδοσίας από τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη μειώνοντας τις στροφές του για να μην υπάρξει πρόβλημα και αλλάξει την θέση των ATS με σκοπό να τροφοδοτούνται πλέον τα φορτία μέσω του ηλεκτρικού δικτύου της ΑΗΚ.

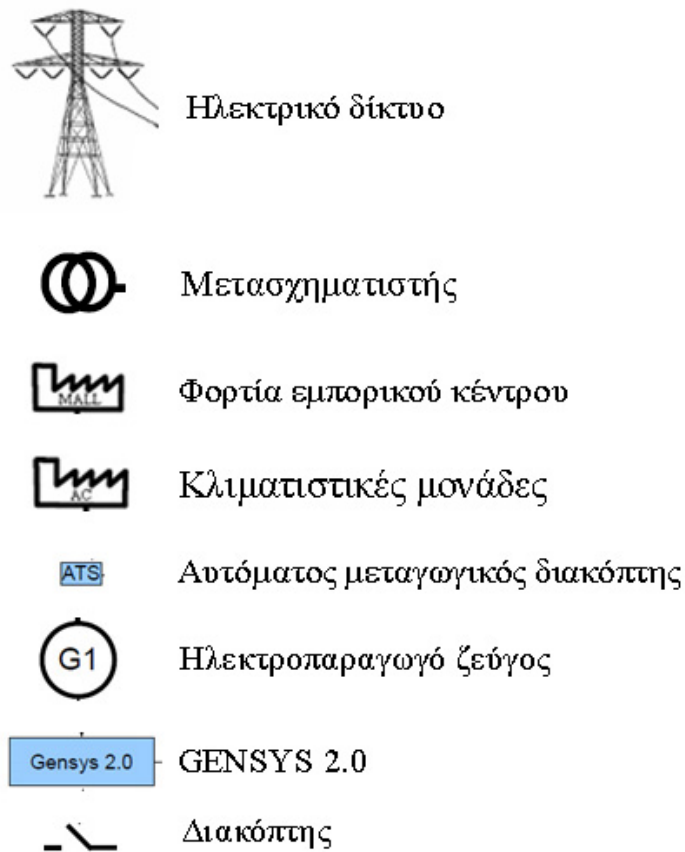
Παρατηρείτε από το διάγραμμα πως υπάρχει δυνατότητα απομόνωσης των κλιματιστικών μονάδων από την ΑΗΚ και δυνατότητα τροφοδοσίας αποκλειστικά στα υπόλοιπα φορτία του εμπορικού κέντρου.

4.3 Διάγραμμα σύνδεσης γεννητριών με εμπορικό κέντρο



Σχήμα 4.2

1^ο στάδιο παραλληλισμού με εμπορικό κέντρο



Σχήμα 4.3

Υπόμνημα Συμβόλων Σχεδίου

4.4 Ανάλυση της συνδεσμολογίας μετά την σύνδεση των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών με την ΑΗΚ.

Μετά την βλάβη που προέκυψε στον σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της ΑΗΚ στην περιοχή του Βασιλικού, μετά από εντολή της ΑΗΚ το σύστημα έχει την δυνατότητα να συνδέεται παράλληλα με το εμπορικό κέντρο αλλά και με το δίκτυο της ΑΗΚ με σκοπό την ενίσχυσή του.

Πλέον οι δυνατότητες του είναι:

- Τροφοδοσία του εμπορικού κέντρου σε περίπτωση διακοπής της ηλεκτροδότησης.
- Τροφοδοσία και υποστήριξη του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας όταν υπάρχει ανάγκη λόγω υψηλών καταναλώσεων. (κυρίως κατά τις καλοκαιρινές περιόδους)
- Ταυτόχρονη τροφοδοσία και του εμπορικού κέντρου και του ηλεκτρικού δικτύου δίνοντας όμως προτεραιότητα στα φορτία του εμπορικού κέντρου απομονώνοντας όμως τις κλιματιστικές μονάδες. Αυτό γίνεται σε σπάνιες περιπτώσεις.

Αναλυτικά η διαδικασία σύνδεσης με βάση το παρακάτω σχέδιο (σχήμα 4.4) έχει ως εξής:

4.4.1 Mode 1 Bus paralleling (AHK=0)

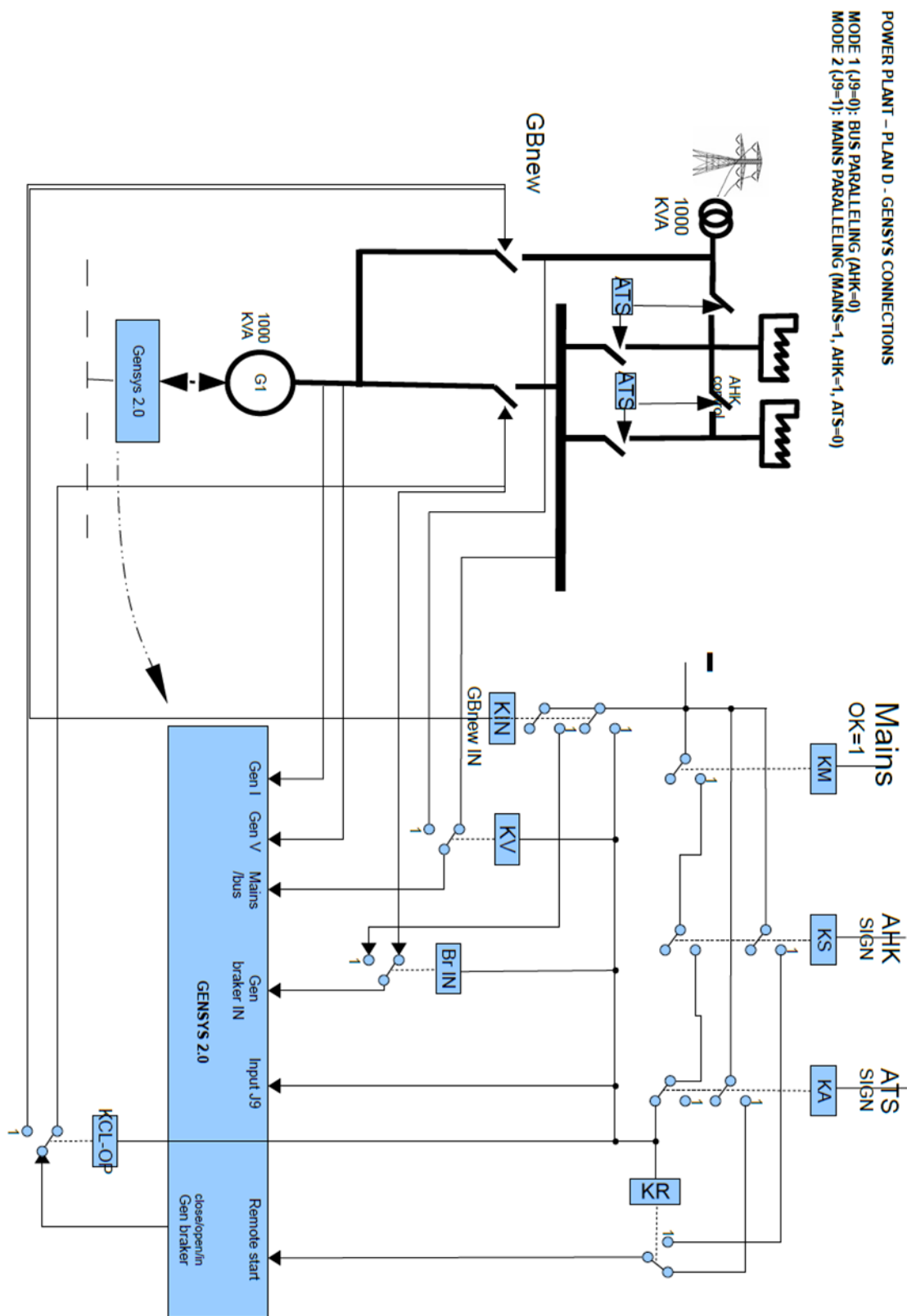
Αυτή την περίπτωση είναι όταν υπάρχει διακοπή της ηλεκτροδότησης η διαδικασία είναι ίδια με την προηγούμενη και απαγορεύεται τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη να τροφοδοτήσουν το δίκτυο τα βοηθητικά ρελέ παίρνουν τις θέσεις που έχουν ορισθεί και ξεκινάει η διαδικασία παραλληλισμού και τροφοδοσίας του εμπορικού κέντρου.

4.4.2 Mode 2 Main Paralleling (MAINS=1, AHK=1, ATS=0)

Αυτή η περίπτωση είναι όταν υπάρχει ανάγκη για υποστήριξη του δικτύου, η διαδικασία είναι η εξής:

- Αποστέλλεται εντολή έναρξης του συστήματος από την ΑΗΚ. Η εντολή αυτή λαμβάνεται από τους πίνακες που έχει εγκαταστήσει η ΑΗΚ.
- Οι πίνακες αυτοί δίνουν εντολή στα GENSYS 2.0 να ξεκινήσουν την διαδικασία παραλληλισμού.
- Έτσι οι μονάδες ελέγχου GENSYS 2.0 δίνουν εντολή στα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη να ξεκινήσουν και ταυτόχρονα ελέγχουν τις προϋποθέσεις παραλληλίας των Η/Ζ με το δίκτυο.
- Τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη τα οποία πληρούν τις προϋποθέσεις αυτές συνδέονται στην γραμμή bus του δικτύου.
- Οι αυτόματοι διακόπτες της ΑΗΚ συνδέονται με το δίκτυο και τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη αρχίζουν να τροφοδοτούν το δίκτυο μέσω κατάλληλων διατάξεων που έχει εγκαταστήσει η ΑΗΚ.
- Κατά την διάρκεια της τροφοδοσίας ο GENSYS ελέγχει τις συνθήκες παραλληλίας και σε περίπτωση σφάλματος απομακρύνει το Η/Ζ στο οποίο έχει υπάρξει το σφάλμα και ξεκινάει από την αρχή την διαδικασία του παραλληλισμού.
- Κατά την διάρκεια της τροφοδοσίας οι πίνακες που έχουν εγκατασταθεί από την ΑΗΚ μέσω μετρητών αποστέλλουν στο κέντρο τα στοιχεία μεταφοράς και μεταβάλλονται ανάλογα με τις ανάγκες.
- Τέλος, όταν η ΑΗΚ αποφασίσει να σταματήσει τον παραλληλισμό των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών με το δίκτυο, τότε αποστέλλει εντολή διακοπής και οι πίνακες μεταφέρουν την εντολή αυτή στον ελεγκτή GENSYS, ο οποίος σταματάει ομαλά την διαδικασία χωρίς να υπάρξουν προβλήματα στο δίκτυο ή στην εγκατάσταση.

4.5 Λειτουργίες του συστήματος και επιλογή τροφοδοσίας



Σχήμα 4.4

Ανάλυση διπλής λειτουργίας

4.6 Ανάλυση της συνδεσμολογίας της κάθε γεννήτριας ξεχωριστά

Παρακάτω ακολουθεί μια εμβάθυνση στην ανάλυση της συνδεσμολογίας κοιτώντας ξεχωριστά την κάθε γεννήτρια για να αντιληφτούμε την ακριβή λειτουργία του κυκλώματος.

Όπως βλέπουμε, από τα άκρα UVW η παραγόμενη τάση περνάει μέσα από μετασχηματιστές 600/5 οι οποίοι συνδέονται με το GENSYS PANEL. Στην σελίδα 5 φαίνεται ότι καταλήγουν στις κλέμες D1, D2, D3, D4, D5, όπου γίνεται έλεγχος του ρεύματος της κάθε γεννήτριας (GENERATOR CURRENTS).

Στην συνέχεια από τα άκρα U-V-W και ο ουδέτερος της γεννήτρια G1, η παραγόμενη τάση, οδηγείτε αρχικά στο GENSYS PANEL στις κλέμες B1, B2, B3, B4. Στην σελίδα 4 βλέπουμε ότι οι κλέμες αυτές του GENSYS PANEL ονομάζονται GEN VOLTAGE. Έτσι το GENSYS PANEL ελέγχει την τάση της γεννήτριας.

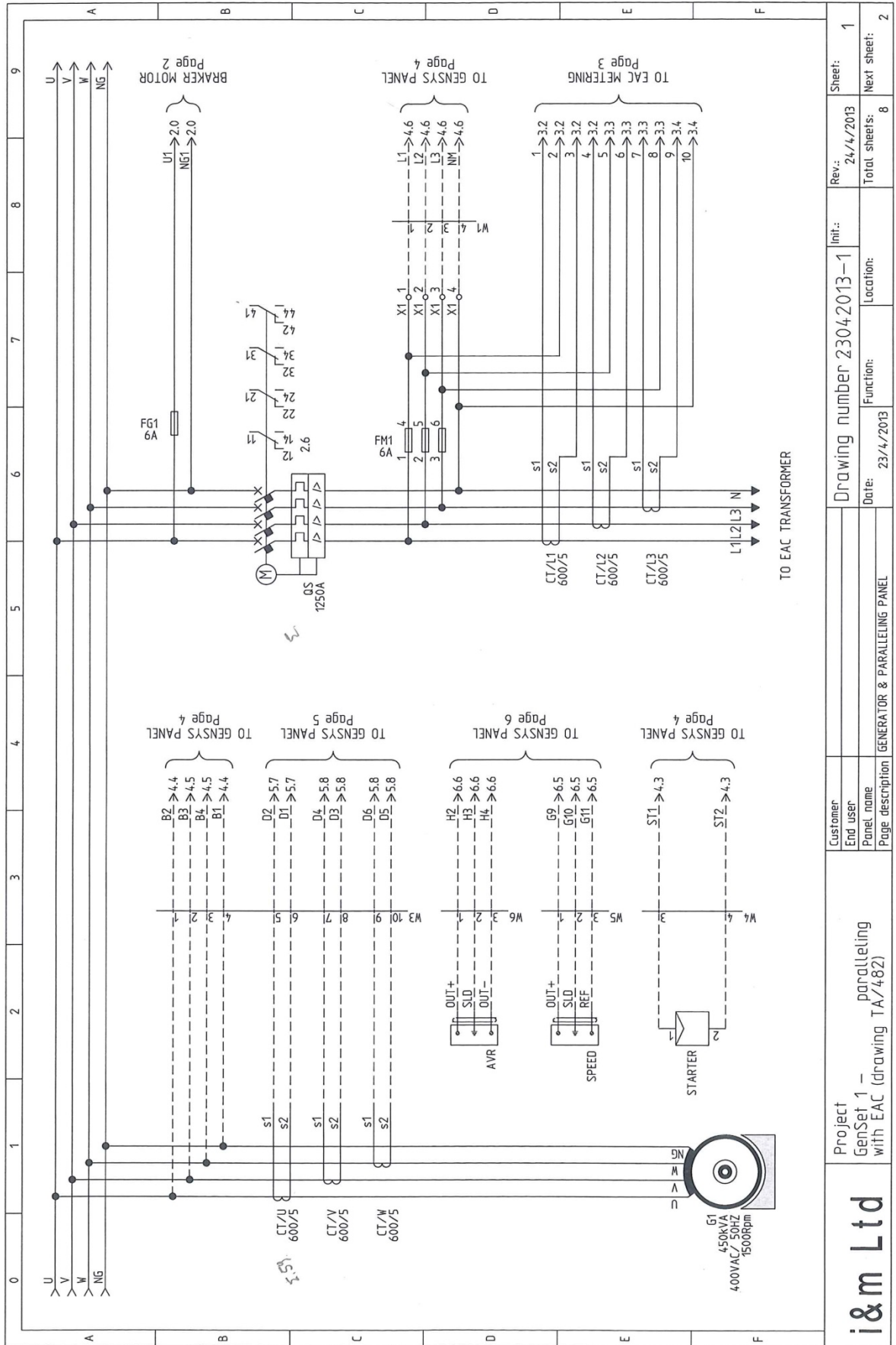
Έπειτα το άκρο U της γεννήτριας, με τον ουδέτερο κλάδο αφού περάσουν από μια αντίσταση 6A για ασφάλεια του GENSYS PANEL οδηγούνται στον έλεγχο για το άνοιγμα του διακόπτη ισχύος.

Στην δεύτερη σελίδα του σχεδίου φαίνεται αναλυτικά η συνδεσμολογία στο κύκλωμα του αυτόματου διακόπτη ισχύος. Όπως φαίνεται ο κύκλωμα ισχύος αφού κάνει έλεγχο για τα σήματα από άλλες γεννήτριες οι οποίες είναι συνδεδεμένες παράλληλα στην γραμμή ελέγχει αν μπορεί να ανοίξει και να τροφοδοτήσει με ρεύμα μέσω του GENSYS PANEL στην σελίδα 6 στις θέσεις E4, E5 όπου είναι οι εντολές GEN OPEN BRAKER και GEN CLOSE BRAKER. Οπλίζοντας το ανάλογο ρελέ μέσα στον πίνακα του GENSYS επιτρέπεται η σύνδεση της γεννήτριας στην γραμμή αφού πρώτα έχει γίνει έλεγχος αν πληροί της προδιαγραφές για την παραλληλία της με τις άλλες γεννήτριες. Στο ίδιο κομμάτι του σχεδίου μέσα στον BRAKER γίνεται ανατροφοδοτήσας έλεγχος ανά τακτά χρονικά διαστήματα της θέσης που βρίσκεται ο διακόπτης, PAR BRAKER FEEDBACK και δίνεται η δυνατότητα στην ΑΗΚ να δώσει απομακρυσμένο σήμα για την έναρξη και παύση της λειτουργίας της γεννήτριας.

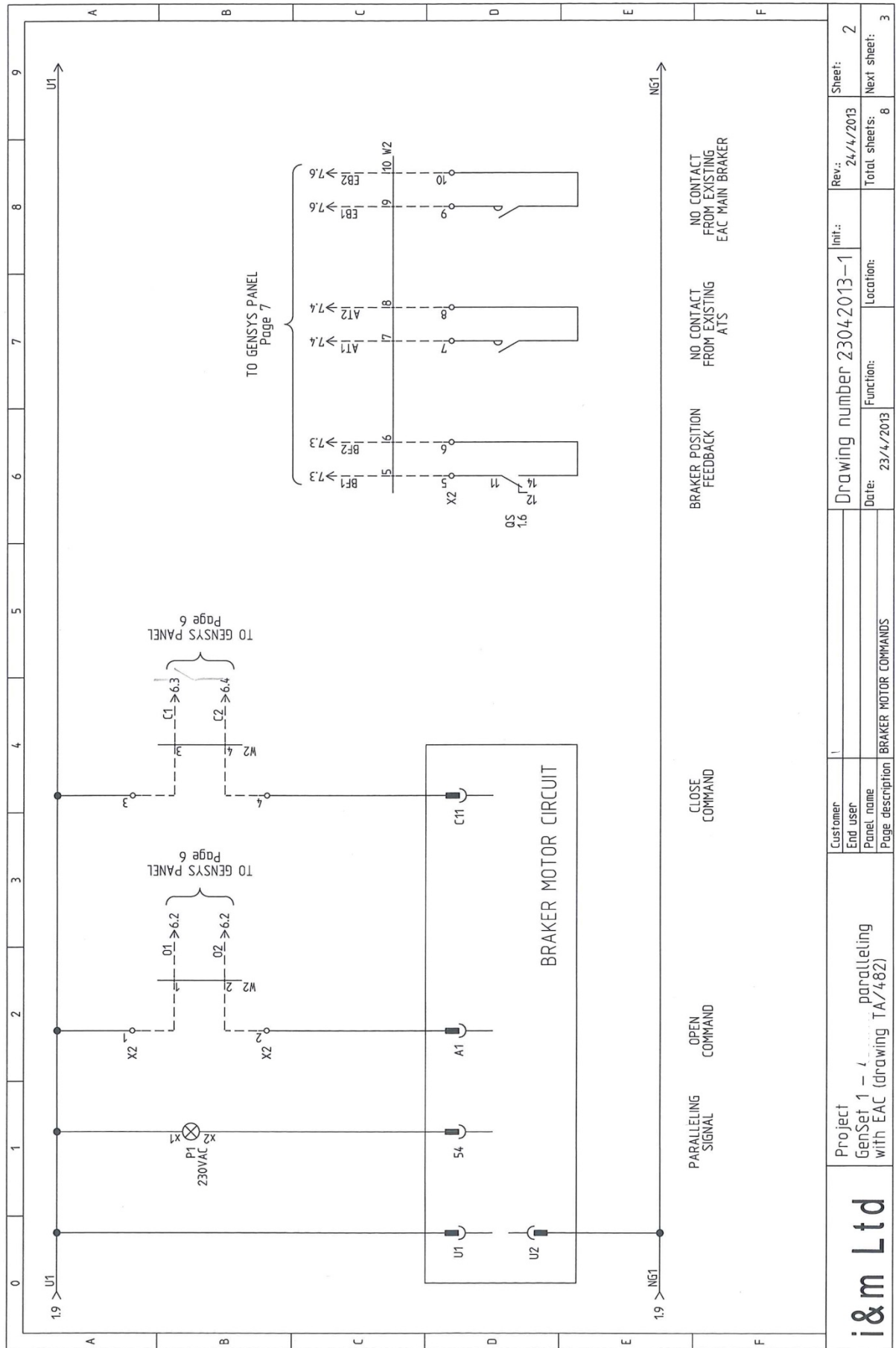
Αφού γίνουν τα παραπάνω, ο διακόπτης ισχύος με την βοήθεια μικρού κινητήρα αλλάζει θέση στις επαφές του με σκοπό να περάσει η παραγόμενη τάση στο επόμενο στάδιο έλεγχου.

Στην συνέχεια βλέπουμε ότι και οι τρεις φάσεις αφού πρώτα περάσουν από αντιστάσεις 6A για την προστασία του GENSYS PANEL αλλά και ο ουδέτερος συνδέονται στο GENSYS PANEL στα σημεία B5, B6, B7. Εκεί ανάβει η ενδεικτική λυχνία στον πίνακα του GENSYS η οποία δείχνει ότι η γεννήτρια ξεκινάει να λειτουργεί, και ακούγεται η σειρήνα έναρξης λειτουργίας που έχει σκοπό την απομάκρυνση ατόμων από τον χώρο λειτουργίας.

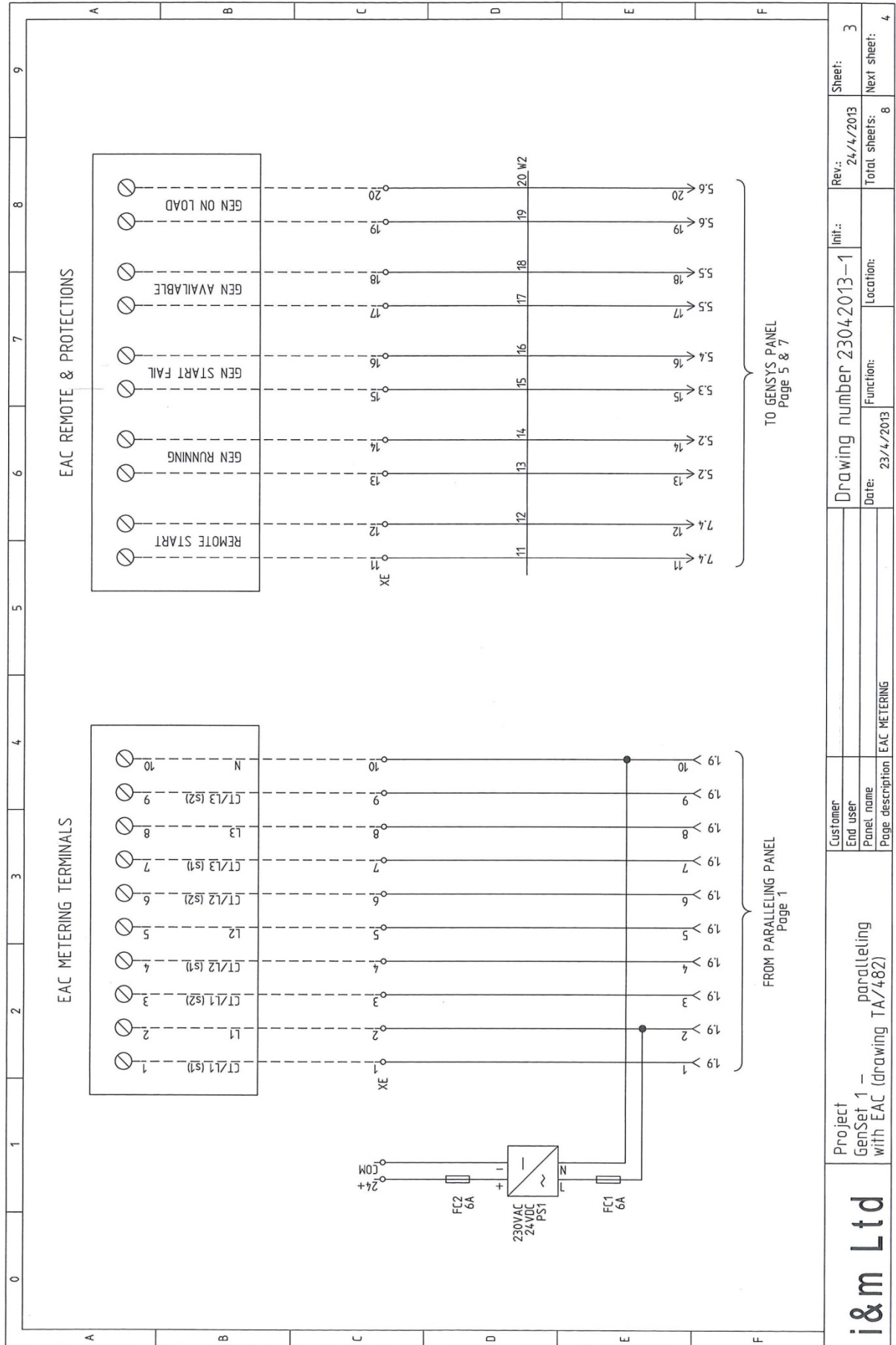
Τέλος, ξανά μέσω μετασχηματιστών στις τρεις φάσεις, οδηγούνται στους μετρητές τις ΑΗΚ για έναν τελευταίο έλεγχο σωστής λειτουργίας του συστήματος και έπειτα το σύστημα είναι ικανό να τροφοδοτήσει το εμπορικό κέντρο ή την γραμμή της ΑΗΚ όταν χρειαστεί.

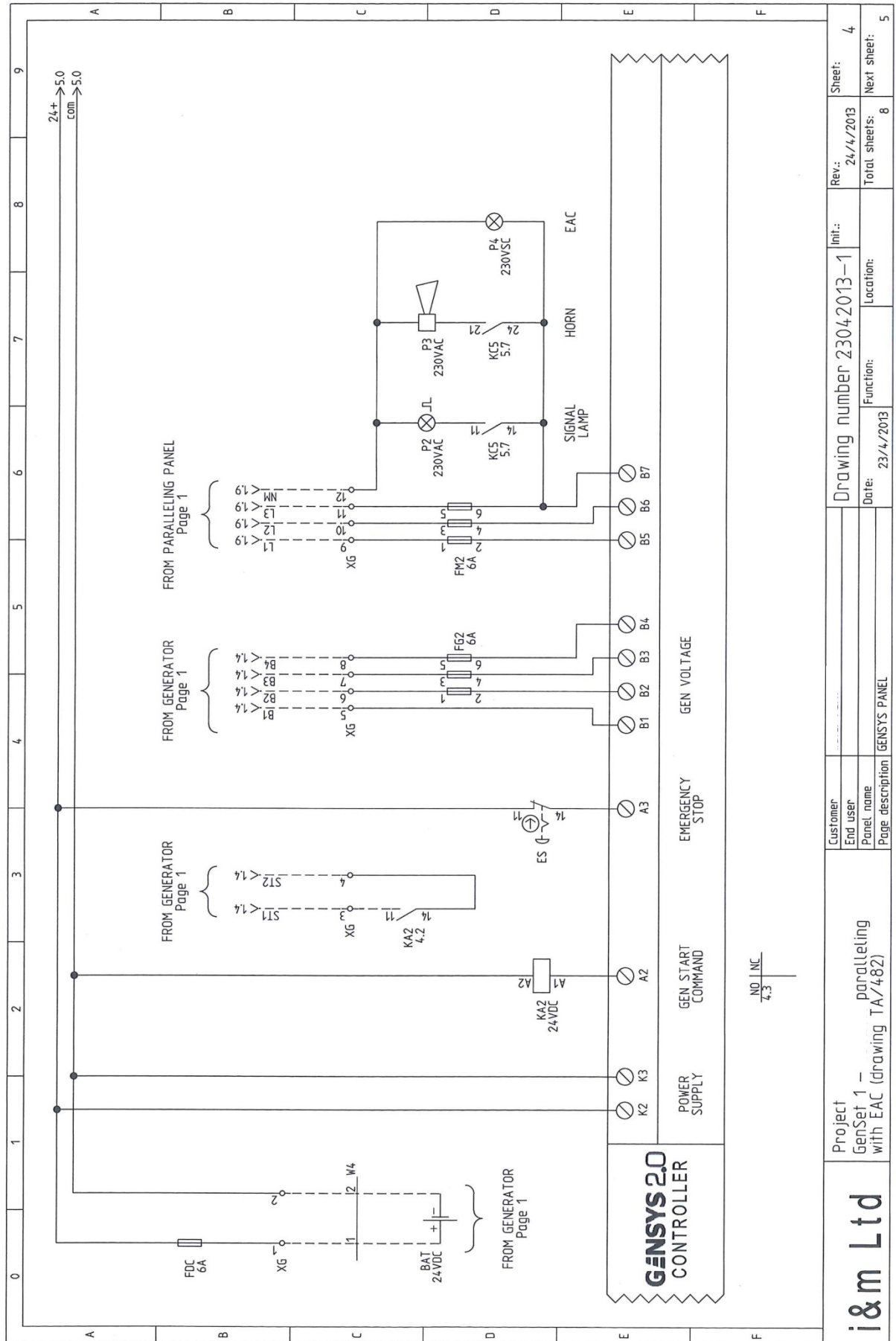


Customer		Drawing number 23042013-1		Init.:		Rev.: 24/4/2013		Sheet: 1	
End user		Date: 23/4/2013		Function:		Location:		Total sheets: 8	
Panel name		GENERATOR & PARALLELING PANEL		Date:		Function:		Next sheet: 2	
Page description		Project GenSet 1 - paralleling with EAC (drawing TA/482)		Date:		Function:		Total sheets: 8	
Page description		GENERATOR & PARALLELING PANEL		Date:		Function:		Next sheet: 2	

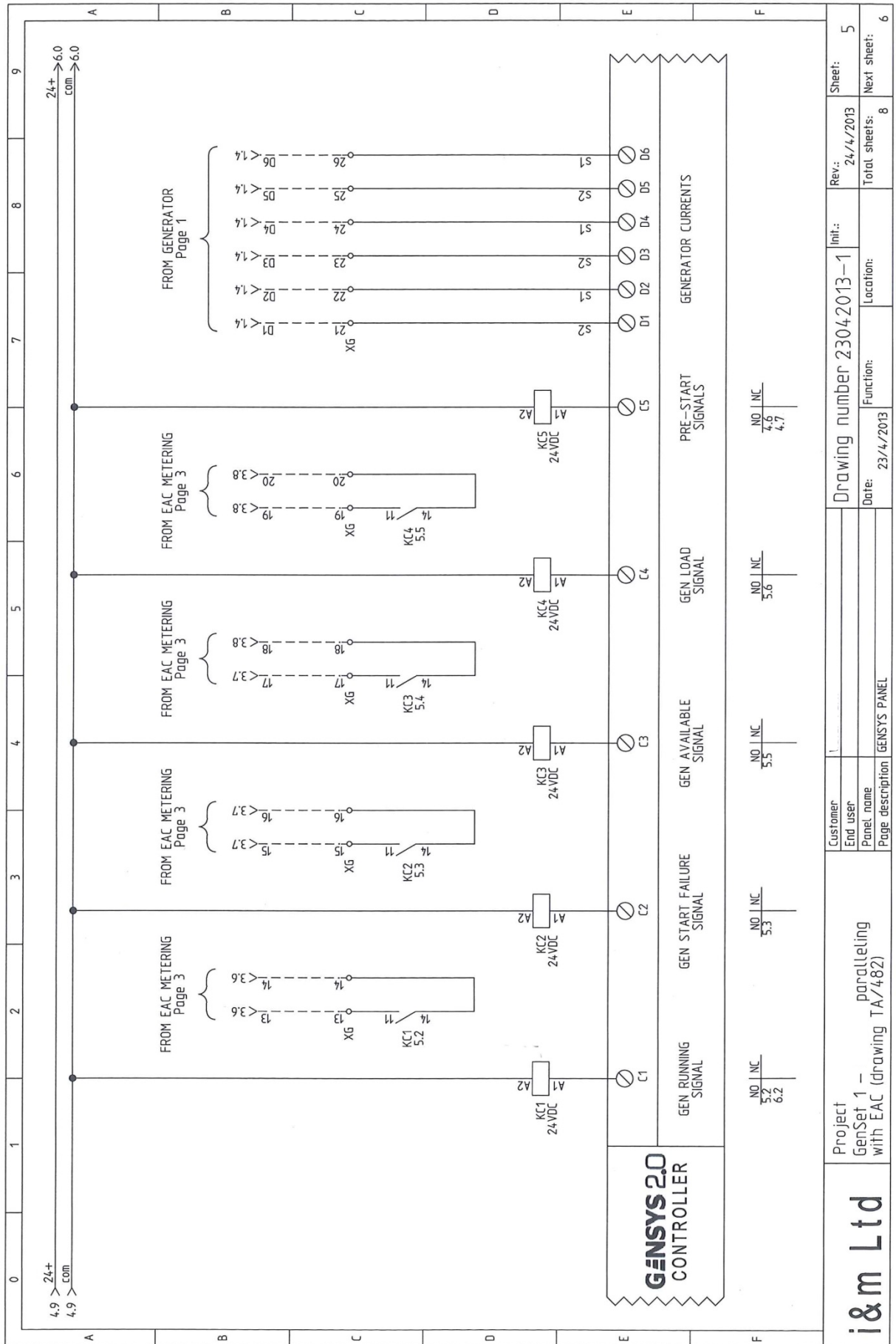


i&m Ltd	Project GenSet 1 - 1 paralleling with EAC (drawing TA/482)		Customer 1	Drawing number 23042013-1	Rev.: 24/4/2013	Sheet: 2
	PARALLELING SIGNAL		End user	NO CONTACT FROM EXISTING ATs	Init.:	Total sheets: 8
	OPEN COMMAND		Panel name	BRAKER MOTOR COMMANDS	Location:	Next sheet: 3
	CLOSE COMMAND		Page description	BRAKER MOTOR COMMANDS	Function:	8
PARALLELING SIGNAL			Date: 23/4/2013			
OPEN COMMAND						
CLOSE COMMAND						
NO CONTACT FROM EXISTING EAC MAIN BRAKER						
NO CONTACT FROM EXISTING EAC MAIN BRAKER						

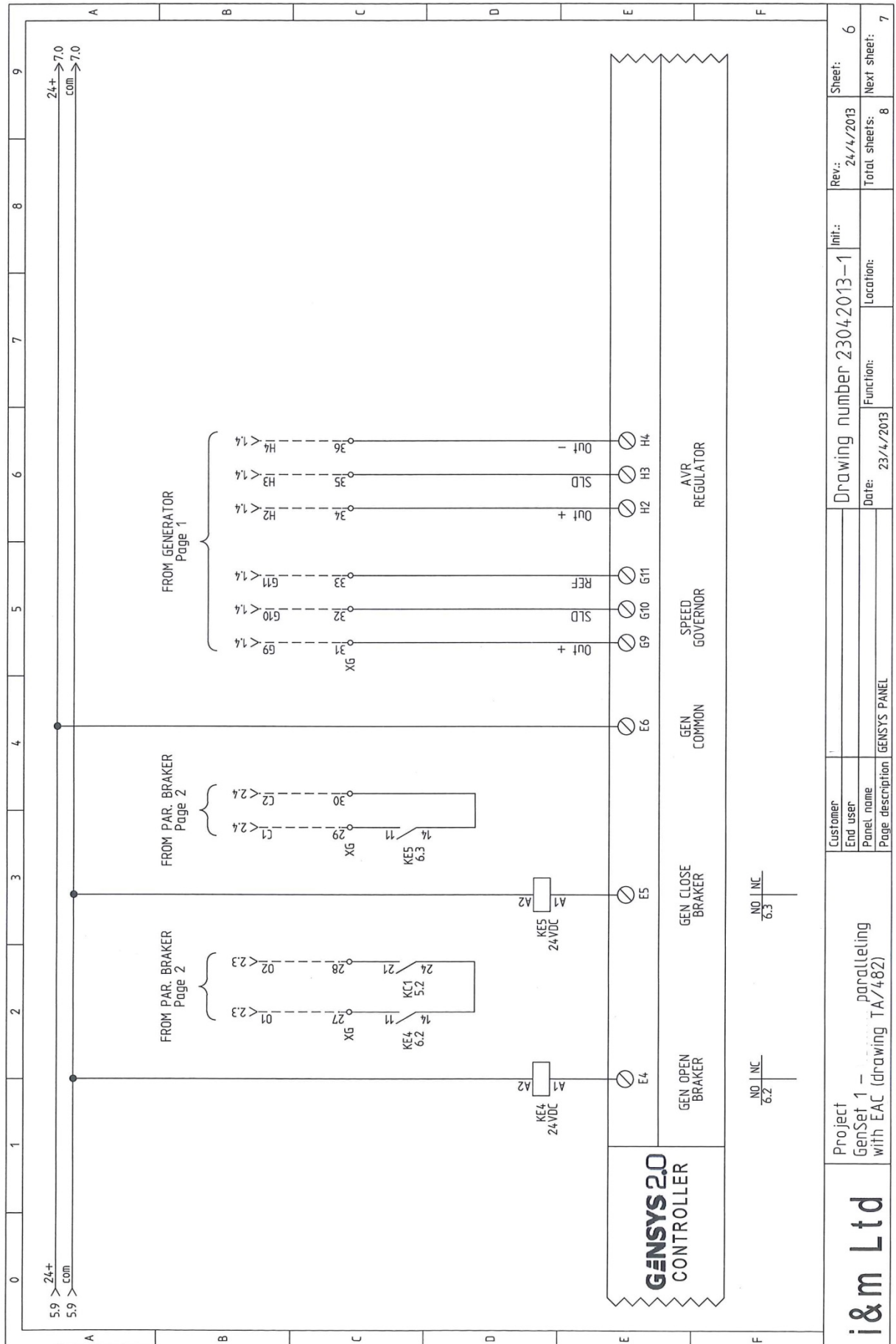




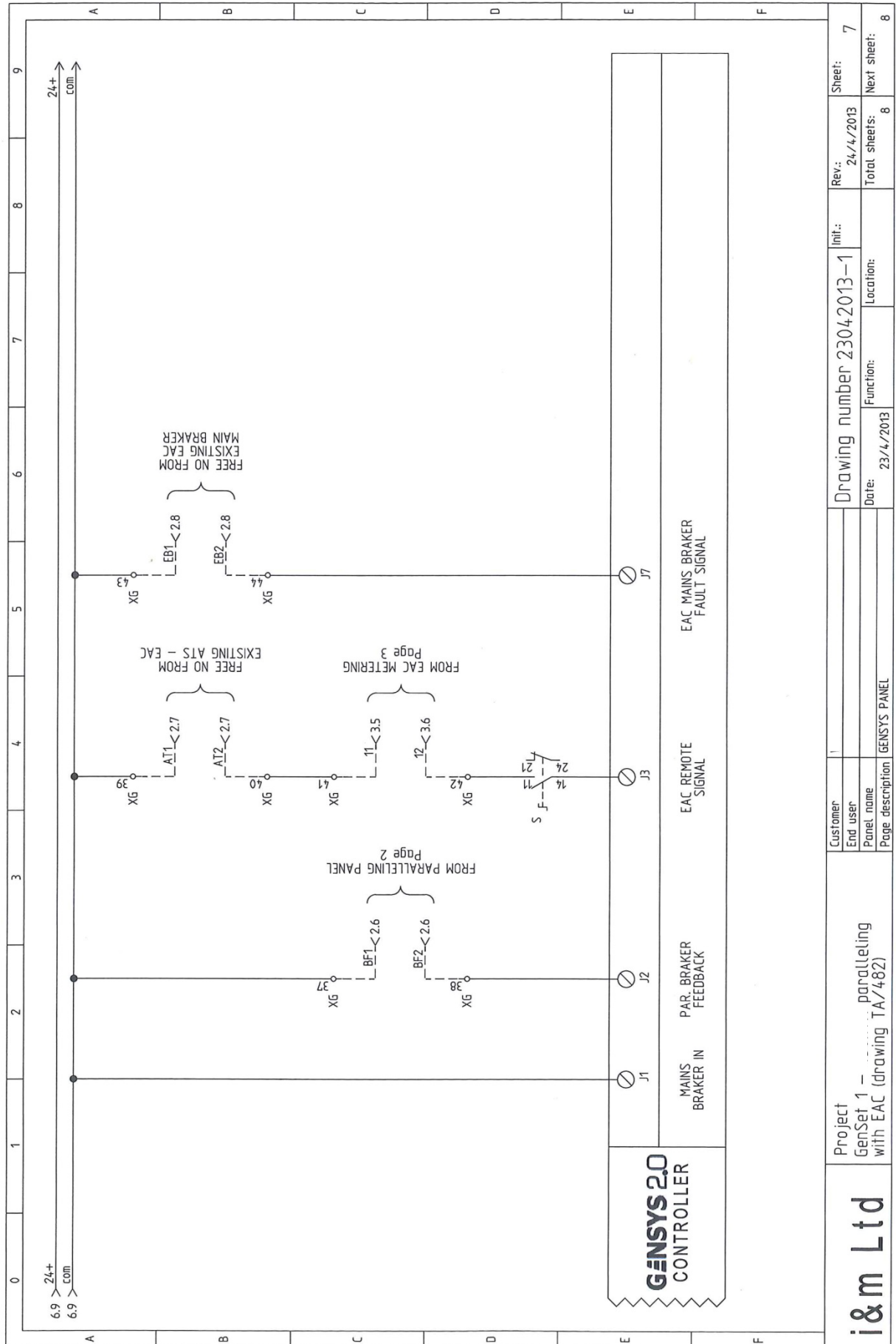
i&m Ltd Project GenSet 1 - paralleling with EAC (drawing TA/482)	Customer	Drawing number 23042013-1		Init.:	Rev.: 24/4/2013	Sheet: 4
	End user				Total sheets: 8	Next sheet: 5
	Panel name	GENSYS PANEL		Location:		
	Page description			Date: 23/4/2013	Function:	



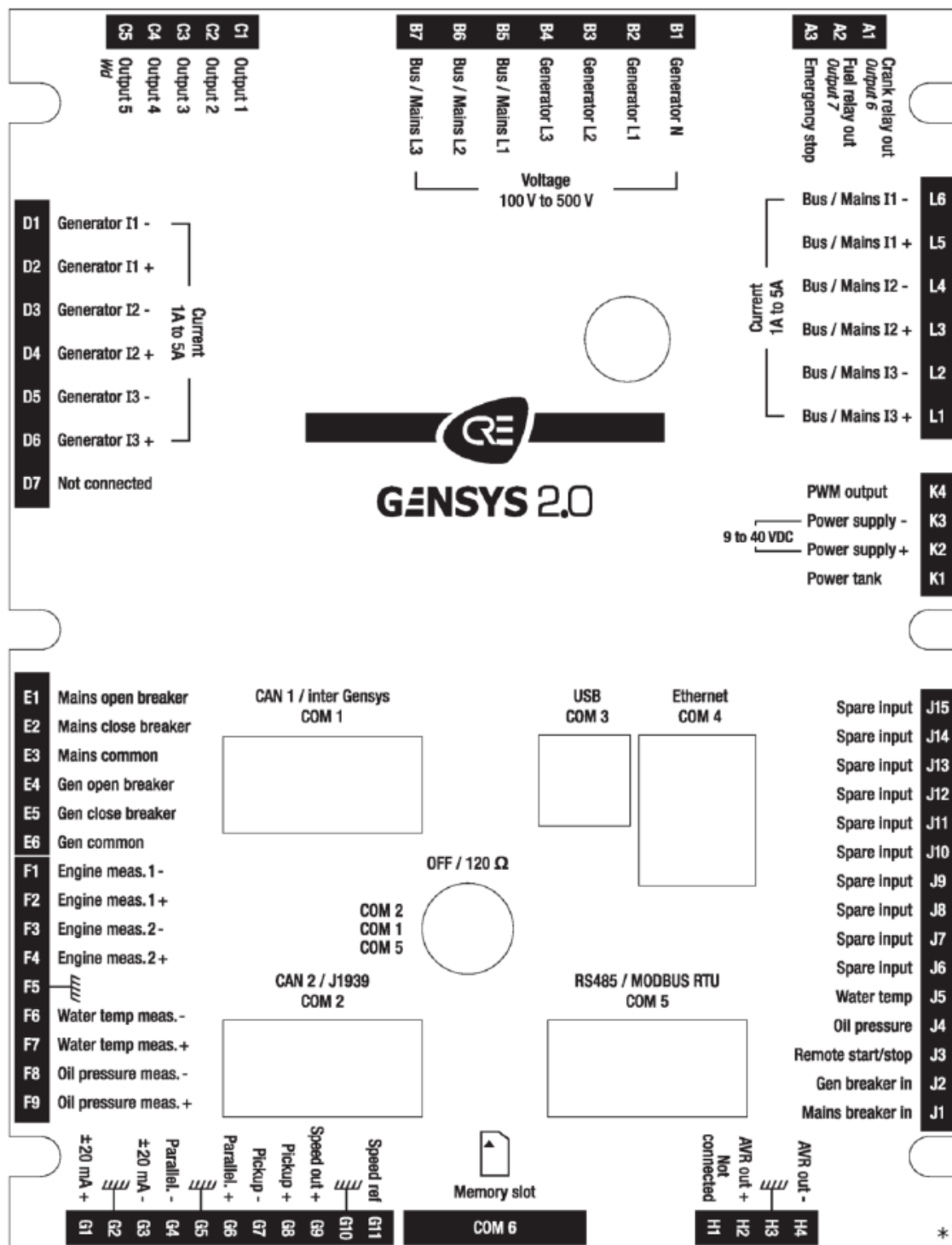
i&m Ltd		Project GenSet 1 - paralleling with EAC (drawing TA/482)		Customer 1	
		Panel name		End user	
		Page description GENSYS PANEL		Date: 23/4/2013	
		Function:		Location:	
		Drawing number 23042013-1		Init.:	
		Date: 23/4/2013		Rev.: 24/4/2013	
		Function:		Total sheets: 8	
		Location:		Sheet: 5	
		Function:		Next sheet: 6	



Customer:	Drawing number 23042013-1		Rev.:	24/4/2013	Sheet:	6
End user:	Location:		Total sheets:	8	Next sheet:	7
Panel name:	Function:		Date:	23/4/2013		
Page description:	GENSYS PANEL					
Project GenSet 1 - paralleling with EAC (drawing TA/482)						
i&m Ltd						



i&m Ltd	Project GenSet 1 - paralleling with EAC (drawing TA/482)		Customer	1	Drawing number	23042013-1	Init.:		Rev.:	24/4/2013	Sheet:	7
	End user	Panel name	Page description	GENSYS PANEL	Date:	23/4/2013	Function:	Location:	Total sheets:	8	Next sheet:	8



Σχήμα 4.5

Αναλυτικό σχέδιο συνδεσμολογίας της μιας γεννήτριας με το εμπορικό κέντρο και την ΑΗΚ

4.7 Λίστα καλωδίων

GenSet 1 (Standby)

1000kVA/ 400VAC/ 50Hz/ 1500rpm/ 1440Amp 100%/ 1080Amp 75%

Από Η/Ζεύγος προς πίνακα παραλληλίας – οικίσκου (GENSYS-1)

Ονομασία	Περιγραφή σύνδεσης	Τύπος καλωδίου	Τεμάχια
L1/U, L2/V, L3/W, N	Τάσεις & ουδέτερος από την έξοδο του διακόπτη του Η/Ζεύγους	CU/XLPE/PVC/SWA/PVC 4x2,5mm	1
L1/U – C.T. 1500/5	Τοποθέτηση C.T. αμέσως μετά την έξοδο του διακόπτη του Η/Ζεύγους	CU/XLPE/PVC/SWA/PVC 7x2,5mm	1
L2/V – C.T. 1500/5			
L3/W – C.T. 1500/5			
24+, 24- DC	Τροφοδοσία controller GENSY1 από πίνακα ελέγχου Η/Ζεύγους.	CU/XLPE/PVC/SWA/PVC 4x2,5mm	1
K3(31, 34)	Εντολή remote start από πίνακα ελέγχου Η/Ζεύγους		

Από πίνακες κτιρίου προς πίνακα παραλληλίας – οικίσκου (GENSYS-1)

Ονομασία	Περιγραφή σύνδεσης	Τύπος καλωδίου	Τεμάχια
K1(31,34)	Ψυχρή επαφή (NO contact) για εντολή απόζευξης του διακόπτη ισχύος προς το BUSBar	CU/XLPE/PVC/SWA/PVC 7x2,5mm	1
K2(31,34)	Ψυχρή επαφή (NO contact) για εντολή ζεύξης του διακόπτη ισχύος προς BUSbar		
Gin(1,2)	Ψυχρή επαφή αναφοράς κατάστασης θέσης του διακόπτη ισχύος προς BUSbar (Open σε απόζευξη, Close σε ζεύξη)		

GenSet 2 (Standby)

1000kVA/ 400VAC/ 50Hz/ 1500rpm/ 1440Amp 100%/ 1080Amp 75%

Από Η/Ζεύγος προς πίνακα παραλληλίας – οικίσκου (GENSYS-2)

Ονομασία	Περιγραφή σύνδεσης	Τύπος καλωδίου	Τεμάχια
L1/U, L2/V, L3/W, N	Τάσεις & ουδέτερος από την έξοδο του διακόπτη του Η/Ζεύγους	CU/XLPE/PVC/SWA/PVC 4x2,5mm	1
L1/U – C.T. 1500/5	Τοποθέτηση C.T. αμέσως μετά την έξοδο του διακόπτη του Η/Ζεύγους	CU/XLPE/PVC/SWA/PVC 7x2,5mm	1
L2/V – C.T. 1500/5			
L3/W – C.T. 1500/5			
24+, 24- DC	Τροφοδοσία controller GENSY2 από πίνακα ελέγχου Η/Ζεύγους.	CU/XLPE/PVC/SWA/PVC 4x2,5mm	1
K3(31, 34)	Εντολή remote start από πίνακα ελέγχου Η/Ζεύγους		

Από πίνακες κτιρίου προς πίνακα παραλληλίας – οικίσκου (GENSYS-2)

Ονομασία	Περιγραφή σύνδεσης	Τύπος καλωδίου	Τεμάχια
K1(31,34)	Ψυχρή επαφή (NO contact) για εντολή απόζευξης του διακόπτη ισχύος προς το BUSBar	CU/XLPE/PVC/SWA/PVC 7x2,5mm	1
K2(31,34)	Ψυχρή επαφή (NO contact) για εντολή ζεύξης του διακόπτη ισχύος προς BUSbar		
Gin(1,2)	Ψυχρή επαφή αναφοράς κατάστασης θέσης του διακόπτη ισχύος προς BUSbar (Open σε απόζευξη, Close σε ζεύξη)		

GenSet 3 (Standby)

900kVA/ 400VAC/ 50Hz/ 1500rpm/ 1296Amp 100%/ 972Amp 75%

Από Η/Ζεύγος προς πίνακα παραλληλίας – οικίσκου (GENSYS-3)

Όνομασία	Περιγραφή σύνδεσης	Τύπος καλωδίου	Τεμάχια
L1/U, L2/V, L3/W, N	Τάσεις & ουδέτερος από την έξοδο του διακόπτη του Η/Ζεύγους	CU/XLPE/PVC/SWA/PVC 4x2,5mm	1
L1/U – C.T. 1500/5	Τοποθέτηση C.T. αμέσως μετά την έξοδο του διακόπτη του Η/Ζεύγους	CU/XLPE/PVC/SWA/PVC 7x2,5mm	1
L2/V – C.T. 1500/5			
L3/W – C.T. 1500/5			
24+, 24- DC	Τροφοδοσία controller GENSY3 από πίνακα ελέγχου Η/Ζεύγους.	CU/XLPE/PVC/SWA/PVC 4x2,5mm	1
K3(31, 34)	Εντολή remote start από πίνακα ελέγχου Η/Ζεύγους		

Από πίνακες κτιρίου προς πίνακα παραλληλίας – οικίσκου (GENSYS-3)

Όνομασία	Περιγραφή σύνδεσης	Τύπος καλωδίου	Τεμάχια
K1(31,34)	Ψυχρή επαφή (NO contact) για εντολή απόζευξης του διακόπτη ισχύος προς το BUSbar	CU/XLPE/PVC/SWA/PVC 7x2,5mm	1
K2(31,34)	Ψυχρή επαφή (NO contact) για εντολή ζεύξης του διακόπτη ισχύος προς BUSbar		
Gin(1,2)	Ψυχρή επαφή αναφοράς κατάστασης θέσης του διακόπτη ισχύος προς BUSbar (Open σε απόζευξη, Close σε ζεύξη)		

GenSet 4 (Standby)

550kVA/ 400VAC/ 50Hz/ 1500rpm/ 792Amp 100%/ 594Amp 75%

Από Η/Ζεύγος προς πίνακα παραλληλίας – οικίσκου (GENSYS-4)

Όνομασία	Περιγραφή σύνδεσης	Τύπος καλωδίου	Τεμάχια
L1/U, L2/V, L3/W, N	Τάσεις & ουδέτερος από την έξοδο του διακόπτη του Η/Ζεύγους	CU/XLPE/PVC/SWA/PVC 4x2,5mm	1
L1/U – C.T. 1000/5	Τοποθέτηση C.T. αμέσως μετά την έξοδο του διακόπτη του Η/Ζεύγους	CU/XLPE/PVC/SWA/PVC 7x2,5mm	1
L2/V – C.T. 1000/5			
L3/W – C.T. 1000/5			
24+, 24- DC	Τροφοδοσία controller GENSY4 από πίνακα ελέγχου Η/Ζεύγους.	CU/XLPE/PVC/SWA/PVC 4x2,5mm	1
K3(31, 34)	Εντολή remote start από πίνακα ελέγχου Η/Ζεύγους		

Από πίνακες κτιρίου προς πίνακα παραλληλίας – οικίσκου (GENSYS-3)

Όνομασία	Περιγραφή σύνδεσης	Τύπος καλωδίου	Τεμάχια
K1(31,34)	Ψυχρή επαφή (NO contact) για εντολή απόζευξης του διακόπτη ισχύος προς το BUSbar	CU/XLPE/PVC/SWA/PVC 7x2,5mm	1
K2(31,34)	Ψυχρή επαφή (NO contact) για εντολή ζεύξης του διακόπτη ισχύος προς BUSbar		
Gin(1,2)	Ψυχρή επαφή αναφοράς κατάστασης θέσης του διακόπτη ισχύος προς BUSbar (Open σε απόζευξη, Close σε ζεύξη)		

GenSet 5 (Standby)

550kVA/ 400VAC/ 50Hz/ 1500rpm/ 792Amp 100%/ 594Amp 75%

Από Η/Ζεύγος προς πίνακα παραλληλίας – οικίσκου (GENSYS-5)

Όνομασία	Περιγραφή σύνδεσης	Τύπος καλωδίου	Τεμάχια
L1/U, L2/V, L3/W, N	Τάσεις & ουδέτερος από την έξοδο του διακόπτη του Η/Ζεύγους	CU/XLPE/PVC/SWA/PVC 4x2,5mm	1
L1/U – C.T. 1000/5 L2/V – C.T. 1000/5 L3/W – C.T. 1000/5	Τοποθέτηση C.T. αμέσως μετά την έξοδο του διακόπτη του Η/Ζεύγους	CU/XLPE/PVC/SWA/PVC 7x2,5mm	1
24+, 24- DC	Τροφοδοσία controller GENSYS5 από πίνακα ελέγχου Η/Ζεύγους.	CU/XLPE/PVC/SWA/PVC 4x2,5mm	1
K3(31, 34)	Εντολή remote start από πίνακα ελέγχου Η/Ζεύγους		

Από πίνακες κτιρίου προς πίνακα παραλληλίας – οικίσκου (GENSYS-5)

Όνομασία	Περιγραφή σύνδεσης	Τύπος καλωδίου	Τεμάχια
K1(31,34)	Ψυχρή επαφή (NO contact) για εντολή απόζευξης του διακόπτη ισχύος προς το BUSBar	CU/XLPE/PVC/SWA/PVC 7x2,5mm	1
K2(31,34)	Ψυχρή επαφή (NO contact) για εντολή ζεύξης του διακόπτη ισχύος προς BUSbar		
Gin(1,2)	Ψυχρή επαφή αναφοράς κατάστασης θέσης του διακόπτη ισχύος προς BUSbar (Open σε απόζευξη, Close σε ζεύξη)		

Γενικά καλώδια από πίνακες κτιρίου προς οικίσκο πινάκων παραλληλίας

Όνομασία	Περιγραφή σύνδεσης	Τύπος καλωδίου	Τεμάχια
L1, L2, L3	Τάσεις από BUSbar	CU/XLPE/PVC/SWA/PVC 4x2,5mm	1
RMT(1,2)	Γενική εντολή (remote start) προγράμματος παραλληλισμού. Από παράλληλη σύνδεση ψυχρών επαφών (NO contacts) των ATS	CU/XLPE/PVC/SWA/PVC 2x2,5mm	1

Παρατηρήσεις

- Οι πόλοι (-) των μπαταριών σε όλα τα Η/Ζεύγη του παραλληλισμού, να είναι γεφυρωμένοι μεταξύ τους με καλώδιο $\geq 10\text{mm}$
- Να γίνει μέριμνα ώστε το σύστημα πυκνωτών διόρθωσης συνημίτονου που αφορά το κάθε ATS ξεχωριστά, να απομονώνεται όταν δίνεται εντολή εκκίνησης του παραλληλισμού.

Πίνακας 4.1

Λίστες καλωδίων της εγκατάστασης

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Samarjit Ghosh, “Electrical Machines”, 2005
2. “Ηλεκτρικές μηχανές”, Εκδόσεις Συμμετρία, 1991 Fairchild semiconductors, “Induction Heating System Topology Review”, Applications notes, July 2000.
3. “ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑ”, Τεχνολογικής κατεύθυνσής: Κύκλος Τεχνολογίας και παραγωγής.
4. “Ηλεκτρικές μηχανές”, Ο.Ε.Δ.Β. Αθήνα Τεχνικά Επαγγελματικά Εκπαιδευτήρια β' τάξη 1^{ου} κύκλου.
5. “Automatic Control Systems”, 7th Edition, Prentice Hall International Editions

Στοιχεία και πληροφορίες από το διαδίκτυο.

- i. Energy generation
http://en.wikipedia.org/wiki/Electricity_generation
http://inai.gr/321/wp-content/uploads/genitries_enalasonenoy_reymatos.pdf
- ii. Electricity production in Greece
<http://www.tradingeconomics.com/greece/electricity-production-kwh-wb-data.html>
- iii. Energy in Cyprus
<http://www.tradingeconomics.com/greece/electricity-production-kwh-wb-data.html>
- iv. Electricity consumption in Cyprus
<http://www.tradingeconomics.com/cyprus/electric-power-consumption-kwh-wb-data.html>
- v. Electrical Machines Notes
<http://www.onesmartclick.com/engineering/electrical-machines.html>
- vi. Transfer Switch
http://en.wikipedia.org/wiki/Transfer_switch
- vii. AHK
<http://www.eac.com.cy/EL/EAC/FinancialInformation/Pages/AnnualReports.aspx>
- viii. Automatic transfer switch Sace X1
[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/2e698163e414e3e6c12572c2002e3f4a/\\$file/1SDC200009D0202.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/2e698163e414e3e6c12572c2002e3f4a/$file/1SDC200009D0202.pdf)

Λοιπές σελίδες

- i. <http://www.melpan.gr/>
- ii. <http://www.oecd.org/>
- iii. www.gensystec.com
- iv. www.abb.com
- v. www.cat.com
- vi. http://www.cera.org.cy/main/data/articles/11_06_2012.pdf
- vii. <http://en.ria.ru/world/20110717/165237809.html>

ΑΘΗΝΑ

ΙΟΥΝΙΟΣ - 2014