

649
H/Γ



 **Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα (Τ.Ε.Ι.) Πειραιά**

 **Τμήμα Ηλεκτρολόγων**

Πτυχιακή Εργασία : Μελέτη Τραμ Αθηνών



Σπουδαστές: Νικητάκης Γεώργιος,

Ασβεστάς Ιωάννης

**A.M. : 37006
37004**

Εισηγητής: Καθ. Ηρακλής Βιλλιώτης

ΑΘΗΝΑ 2012

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αποτελεί μία μελέτη του Τραμ της περιοχής των Αθηνών. Επιχειρεί να παρουσιάσει τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά, ώστε να καταστήσει σαφείς τις προκλήσεις που προκύπτουν κατά τον σχεδιασμό και κατασκευή ενός ολοκληρωμένου δικτύου τραμ, με εφαρμογή το υπάρχον και πρόσφατο παράδειγμα της πόλης των Αθηνών.

Πιο συγκεκριμένα, στο **1^ο κεφάλαιο** γίνεται μία αναφορά στην ιστορική εξέλιξη της τεχνολογίας του τραμ διαμέσου των αιώνων. Αναφέρονται ημερομηνίες σταθμοί στην ιστορία του εν λόγω μέσου, τόσο στον κόσμο, όσο και συγκεκριμένα στην Ελλάδα.

Στο **2^ο κεφάλαιο** παρουσιάζονται με επιχειρήματα τα πλεονεκτήματα του μέσου αυτού, ενώ για λόγους πληρότητας παρουσιάζεται και ο απαραίτητος αντίλογος σε αυτά. Επίσης, γίνεται λόγος για τις τεχνολογίες που έχουν εφαρμοστεί κατά καιρούς, ποιες είναι ακόμα σε ισχύ, ενώ γίνεται και σύγκριση μεταξύ των διαφόρων καινοτομιών που χρησιμοποιούνται ακόμα.

Το **3^ο κεφάλαιο** αφορά τις απαραίτητες τεχνικές προδιαγραφές που πρέπει εκ των πραγμάτων να ικανοποιεί ο εξοπλισμός και ο σχεδιασμός του υποδομής του Τραμ Αθηνών, με συγκεκριμένη αναφορά σε κάθε συνιστώσα του συστήματος.

Στο **4^ο κεφάλαιο** παρουσιάζεται το όχημα του τραμ της Αθήνας, το Sirio της εταιρείας Ansaldo Breda. Αναλύεται όμως μόνο το ηλεκτρολογικό κομμάτι, λόγω της φύσης της παρούσας εργασίας.

Στο **5^ο κεφάλαιο** μπαίνουμε πια στην καρδιά του συστήματος, τους υποσταθμούς έλξης. Αυτοί παρέχουν την απαραίτητη ισχύ για την κίνηση των οχημάτων και την ικανοποίηση δευτερευουσών αναγκών.

Το **6^ο κεφάλαιο** αφορά το σύστημα διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας. Αν οι υποσταθμοί αποτελούν την καρδιά του συστήματος έλξης, το σύστημα ανάρτησης αλυσοειδούς, αποτελεί τις αρτηρίες, τρόπον τινά, του συστήματος έλξης. Παρουσιάζονται τα κυριότερα τεχνικά χαρακτηριστικά που απαρτίζουν το ΣΑΑ, ενώ γίνεται και μία μικρή αναφορά και στις σιδηροτροχιές, δίνοντας βαρύτητα στα προβλήματα συντήρησης των αλλαγών των γραμμών, που είναι τα πιο ευαίσθητα κομμάτια των σιδηροτροχιών.

Στο **7^ο κεφάλαιο** παρουσιάζεται ο τρόπος αλληλεπίδρασης των συνιστωσών που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια, ενώ επιδεικνύεται και μία προσομοίωση έλξης, βασισμένη σε πραγματικά δεδομένα, η οποία καθιστά σαφή τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του δικτύου.

Τέλος, στο **8^ο κεφάλαιο**, γίνεται λόγος για τις θετικές επιπτώσεις που έχει το τραμ της Αθήνας στο περιβάλλον της πόλης, ενώ αναφέρονται και δράσεις που έχει αναλάβει η ΤΡΑΜ Α.Ε., τόσο ώστε να ευαισθητοποιήσει το κοινό σε θέματα περιβάλλοντος και οικολογίας, όσο και να παρουσιάσει τα ποικίλα πλεονεκτήματα που εμφανίζει το τραμ για τους επιβάτες που το χρησιμοποιούν και για τον πολεοδομικό ιστό εντός του οποίου αυτό κινείται.

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο -ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
1.1 Γενικά.....	3
1.2 Το Τραμ στον κόσμο	4
1.3 Το Τραμ στην Ελλάδα	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο – ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΤΡΑΜ	15
2.1 Εισαγωγή	15
2.2 Πλεονεκτήματα	16
2.3 Μειονεκτήματα	18
2.4 Τεχνολογίες	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο –ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΤΡΑΜ ΑΘΗΝΩΝ	23
3.1 Εισαγωγή	23
3.2 Όχημα Τραμ	24
3.3 Υποσταθμός Έλξης	25
3.4 Χάραξη σιδηροτοχιών.....	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο –ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΟΧΗΜΑΤΟΣ.....	37
4.1 Εισαγωγή	37
4.2 Γενικά χαρακτηριστικά	38
4.2.1 Απόδοση Οχήματος.....	40
4.2.2 Εφεδρικές Μονάδες	44
4.3 Σύστημα Πέδησης.....	45
4.4 Πρόωση και βοηθητικές μονάδες	51
4.4.1 Παντογράφος.....	52
4.4.2 Υπερταχύς διακόπτης σβέσης	54

4.4.3 Αλεξικέραυνο	55
4.4.4 Αντιστροφέας.....	56
4.4.5 Ρεοστάτης Πέδης.....	57
4.4.6 Φίλτρο προφόρτισης κυκλώματος.....	57
4.4.7 Στατικοί εφεδρικοί μετατροπείς	59
4.4.8 Κονσόλα Οδηγού-Μοχλός Χειρισμού	62
4.4.9 Μονάδα Ελέγχου Έλξης-TCU	65
4.4.10 Σύστημα παρακολούθησης και ελέγχου του συρμού-TCMS.....	73
4.4.11 Κινητήρας Έλξης	79
4.4.12 Συστοιχία συσσωρευτών.....	81
4.4.13 Βοηθητικός Εξοπλισμός	82
4.5 Σύστημα κλιματισμού	84
4.6 Εγκατάσταση θυρών	87
4.7 Πληροφοριακή και διαγνωστική αρχιτεκτονική.....	88
4.8 Συστήματα πληροφοριών και επικοινωνιών για τους επιβάτες.....	92
4.9 Σύστημα ραδιοεπικοινωνιών.....	96
4.10 Φωτισμός.....	96
4.11 Τάσεις τροφοδοσίας.....	98
4.12 Καλώδια	99
4.13 Επιστροφές ρευμάτων και γειώσεις.....	99
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο –ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΣΙΕ-Υ/Σ ΕΛΞΗΣ.....	100
5.1 Εισαγωγή	100
5.2 Γενικά χαρακτηριστικά Υ/Σ	100
5.3 Τυπική δομή Υ/Σ	101
5.3.1 Πίνακας Μέσης Τάσης (Π.Μ.Τ.).....	102
5.3.2 Μετασχηματιστής Ανορθωτή.....	110
5.3.3 Ανορθωτής.....	112

5.3.4 Πίνακες Συνεχούς Ρεύματος 750 V	118
5.3.5 Βοηθητικός πίνακας χαμηλής τάσης 400V/230V AC και 110V DC	126
5.3.6 Συσσωρευτές και συσκευές φόρτισης-UPS	126
5.3.7 Σύστημα ελέγχου και λήψης δεδομένων-SCADA.....	127
5.4 Κατασκευή	127
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο –ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΣΙΕ-ΣΑΑ-ΣΙΔΗΡΟΤΡΟΧΙΕΣ	130
6.1 Εισαγωγή	130
6.2 Θέματα αλυσοειδούς	130
6.3 Επιλογή στύλων στήριξης	132
6.4 Σχεδίαση αλυσοειδούς σε καμπύλες τροχιές.....	134
6.5 Αναπτυσσόμενες δυνάμεις.....	135
6.6 Μονωτές	136
6.7 Συντήρηση εναέριας γραμμής.....	137
6.8 Σιδηροτροχιές	141
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο –ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	145
7.1 Εισαγωγή	145
7.2 Χωροθέτηση Υ/Σ Έλξης	145
7.3 Τροφοδότηση εναέριου δικτύου εναέριας γραμμής.....	147
7.4 Στάσεις επιβίβασης.....	149
7.5 Προσομοίωση Έλξης	151
7.6 Λειτουργία	161
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο –ΠΕΡΙΒ/ΛΙΚΑ ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΤΡΑΜ ΑΘΗΝΩΝ	162
8.1 Εισαγωγή	162
8.2 Ατμοσφαιρική ρύπανση στην Αθήνα	162
8.3 Τραμ, ένα μέσο φιλικό προς το περιβάλλον	163

8.4 Ανακύκλωση και εξοικονόμηση ενέργειας.....	164
8.5 Ανάπλαση και αισθητική αναβάθμιση των περιοχών που φιλοξενούν το τραμ	165
8.6 Εταιρική ευθύνη	165
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ – ΜΟΝΟΓΡΑΜΜΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ.....	166
Μονογραμμικό Σχέδιο 1	166
Μονογραμμικό Σχέδιο 2.....	167
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	168
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	171

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Το τραμ κερδίζει έδαφος τα τελευταία χρόνια, έχοντας καταστεί βασικό μέσο μεταφοράς σε πολλές μεγαλουπόλεις του κόσμου. Είναι φιλικό προς το περιβάλλον και εξυπηρετικό για τον πολίτη. Επιπλέον, με την ανάπτυξη του αστικού ιστού από τις περιοχές από τις οποίες διέρχεται, συμβάλλει στην αναβάθμιση της ποιότητας ζωής στις σύγχρονες μεγαλουπόλεις.

Σε αρκετές πόλεις επανήλθε, σε άλλες το δίκτυό του εκσυγχρονίστηκε και επεκτάθηκε και σε κάποιες άλλες σχεδιάστηκε από την αρχή, ειδικά για τις ανάγκες των κατοίκων. Το τραμ της Αθήνας έρχεται να προστεθεί στην «οικογένεια» των νέων τραμ των Ευρωπαϊκών πόλεων, ανάλογο εκείνων του Παρισιού, των Βρυξελλών, κ.ά. , ως προς τα τεχνικά και μορφολογικά του χαρακτηριστικά. Είναι το συγκοινωνιακό μέσο που αναπτύσσεται με τον πλέον δυναμικό τρόπο. Στις μέρες μας κατασκευάζονται γραμμές τραμ σε πολλές ακόμη πόλεις σε ολόκληρο τον κόσμο.

Το τραμ, είναι ένας (σήμερα αποκλειστικά ηλεκτρικός) ελαφρύς αστικός σιδηρόδρομος, που κινείται κατά κύριο λόγο επιφανειακά κατά μήκος οδικών αρτηριών, είτε πάνω στο οδόστρωμα σε ανάμειξη με την υπόλοιπη κυκλοφορία ή σε πεζόδρομο, είτε σε ξεχωριστή (αποκλειστική) λωρίδα κυκλοφορίας, προστατευμένη ή μη, στην άκρη ή στη μέση του δρόμου (επί της κεντρικής νησίδας). Μπορεί επίσης να χρησιμοποιεί εντελώς αποκλειστικό διάδρομο κίνησης, σε χάραξη σιδηροδρομικού τύπου και πλήρως ανεξάρτητη από το οδικό δίκτυο με διέλευση επίγεια, υπέργεια ή και υπόγεια.

Ο παραδοσιακός τροχιόδρομος διέθετε σχετικά χαμηλά λειτουργικά χαρακτηριστικά, είχε σημαντικό ποσοστό ανάμειξης στην κυκλοφορία χωρίς προτεραιότητα στις διασταυρώσεις, οχήματα χαμηλής σχετικά χωρητικότητας και κύλιση σε επιδομή που στερείτο αντιθρομβικής και αντικραδασμικής προστασίας.

Αυτοί ήταν κάποιοι από τους λόγους που το τραμ, τις δεκαετίες '50 και '60 θεωρήθηκε “αναχρονιστικό μέσο” και ξηλώθηκε από αρκετές πόλεις κυρίως στη Δύση.

Όμως, τα παραδοσιακά πλεονεκτήματά του, ως ηλεκτροκίνητου μέσου σταθερής τροχιάς, σε συνάρτηση με τη διόγκωση των κυκλοφοριακών και περιβαλλοντικών προβλημάτων, τον κορεσμό της αστικής οδικής υποδομής, καθώς και τη διαπίστωση για το ολοένα αυξανόμενο κόστος κατασκευής και λειτουργίας συμβατικών μετρό ή εκμετάλλευσης μεγάλου στόλου θερμικών λεωφορείων, καθώς και για τη δυσκινησία των τρόλεϊ στις σημερινές κυκλοφοριακές συνθήκες, οδήγησαν στην επανεκτίμηση του ρόλου του τραμ. Έτσι λοιπόν μια σειρά από τεχνολογικές και λειτουργικές καινοτομίες που εφαρμόστηκαν για την αναβάθμιση, τον εκσυγχρονισμό και τη μετεξέλιξη του παραδοσιακού τραμ, οδήγησαν στο σύγχρονο τραμ και το ελαφρύ μετρό, που είναι πιο γνωστά σήμερα με τον αγγλικό όρο “Light Rail Transit” ή LRT (ελαφρά αστικά σιδηροδρομικά συστήματα).

1.2. Το Τραμ στον κόσμο

Η προέλευση του τραμ, όπως άλλωστε και του ίδιου του σιδηροδρόμου, μπορεί να αναζητηθεί στα ορυχεία του 16ου αιώνα, όπου εμφανίστηκαν πρωτόγονα βαγονέτα που κυλούσαν σε εξίσου πρωτόγονες ξυλοτροχιές. Αυτή η τεχνική εξασφάλιζε στοιχειωδώς την καθοδήγηση των οχημάτων από τις τροχιές και ταυτόχρονα καθιστούσε λιγότερο κοπιαστική την κίνησή τους, εξαιτίας των χαμηλών αντιστάσεων κύλισης.

Στις αρχές του 19ου αιώνα, ο σιδηρόδρομος διαθέτει πλέον τα βασικά χαρακτηριστικά που τον καθιστούν ικανό για ασφαλή μεταφορά επιβατών και εμπορευμάτων: μεταλλικούς τροχούς με όνυχια, σιδηροτροχιές, επιδομή που εγγυάται την διατήρηση του εύρους της τροχιάς -κατ' επέκταση την ασφαλή καθοδήγηση των οχημάτων- και άμαξες με στοιχειώδεις αναρτήσεις που παρέχουν σχετική άνεση στους επιβάτες. Ακολουθεί η ευρύτερη διάδοση των υποσιδηροδρόμων δημόσιας χρήσης. Παράλληλα η ατμομηχανή “μετατρέπεται” σε ατμάμαξα, μια νέα, πρωτοποριακή μηχανή, η οποία θα πυροδοτήσει την παγκόσμια έκρηξη των σιδηροδρόμων και θα έλξει την ίδια τη Βιομηχανική Επανάσταση.

Η παρθενική εφαρμογή τροχιοδρόμου (τραμ) για εξυπηρέτηση αστικής συγκοινωνίας έγινε το 1832 στο Χάρλεμ της Νέας Υόρκης, με υπήλατη κίνηση, και δικαιολογημένα ονομάστηκε “σιδηρόδρομος της οδού” (street railway). Τα οχήματα έσερναν 5-10 άλογα σε δρομολόγια ανά 15 λεπτά. Το κάθε βαγόνι μπορούσε να μεταφέρει μέχρι 30 άτομα, ενώ ολόκληρος ο συρμός αποτελούνταν από 2 βαγόνια. Ο δεύτερος στην ιστορία τροχιόδρομος, εγκαινιάστηκε το 1834 στη Νέα Ορλεάνη και λειτουργεί μέχρι σήμερα, ηλεκτροκίνητος πλέον. Η χρήση των τραμ επεκτάθηκε πολύ γρήγορα, με αποτέλεσμα μόλις πενήντα χρόνια μετά να υπάρχουν στις Η.Π.Α. περί τα 18.000 υπήλατα τραμ.

Αυτοί οι πρώτοι ιπποτροχιόδρομοι προσέφεραν πολύ πιο άνετη, ταχεία και ομαλή μετακίνηση σε σχέση με τις άμαξες, και γρήγορα άρχισαν να γίνονται δημοφιλείς. Το 1852 ο Αλφόνσο Λουμπά εφαρμόζει για πρώτη φορά στον τροχιόδρομο της Νέας Υόρκης την αυλακοειδή σιδηροτροχιά -γνωστή έκτοτε ως Broca ή Phoenix- η οποία εγκιβωτίζεται στο οδόστρωμα χωρίς να εξέχει, αποφεύγοντας έτσι δυσχέρειες στην οδική κυκλοφορία. Ένα χρόνο αργότερα, το 1853, ο ίδιος μηχανικός εγκατέστησε στο Παρίσι τον πρώτο επί Ευρωπαϊκού εδάφους υπήλατο τροχιόδρομο, σε μια γραμμή που στρώθηκε στην Cours La Reine και ονομάστηκε “Αμερικανικός Σιδηρόδρομος”.

Η πρώτη γραμμή στην Βρετανία έγινε στα 1860, από έναν Αμερικανό μηχανικό, τον George Francis Train. Στις γραμμές αυτές χρησιμοποιήθηκε ένα σύστημα ραγών, που προεξείχαν πάνω από την επιφάνεια του δρόμου και λόγω του ότι παρεμπόδιζαν την υπόλοιπη κυκλοφορία, αποσύρθηκαν σε έναν χρόνο. Το σύστημα της εγκιβωτισμένης ράγας εφαρμόστηκε πρώτη φορά στην Αγγλία στην περιοχή του Liverpool, όπου λειτούργησε γραμμή τραμ το 1869.

Η δεκαετία του 1870 χαρακτηρίζεται από την μεγάλη εξάπλωση των ιπποτροχιοδρόμων σε διεθνές επίπεδο. Παράλληλα, οι περιορισμοί που θέτει η ζωική έλξη οδηγούν τα τροχιοδρομικά δίκτυα στην πρόσληψη μηχανικής έλξης.

Πριν την ουσιαστικά καθολική αποδοχή της ηλεκτροκίνησης, τα τραμ στον κόσμο δοκίμασαν ουκ ολίγους τύπους μηχανικής έλξης: τροχιοδρομικές ατμάμαξες, ατμάμαξες άνευ πυράς, ατμήλατες αυτοκινητάμαξες, μηχανές πεπιεσμένου αέρα, μηχανές αερίου. Όλα αυτά τα συστήματα, παρά την περιστασιακή επιτυχία τους, δεν κατάφεραν να επιβληθούν ως μόνιμη λύση. Ειδικά στην περίπτωση της

ατμοκίνησης, πέραν της ρύπανσης και της όχλησης που προκαλούσε στις ολοένα και αναπτυσσόμενες πόλεις, υπήρχαν και τεχνικές δυσκολίες, καθώς τα οχήματα που είχαν κατασκευαστεί για έλξη από άλογα δεν μπορούσαν να αντέξουν το βάρος μιας ατμομηχανής.

Η λύση στο πρόβλημα αυτό δόθηκε με τα καλωδιωτά οχήματα, όπου έλκονταν από σταθερές μηχανές τοποθετημένες στο τέλος της διαδρομής, μέσω υπόγειων καλωδίων. Το πιο γνωστό παράδειγμα τέτοιου συστήματος είναι αυτό του San Fransisco, το οποίο κατασκευάστηκε το 1873 και λειτουργεί ακόμα και σήμερα. Επίσης, καλωδιωτά τραμ εφαρμόστηκαν και σε άλλες πόλεις, με γνωστότερα παραδείγματα αυτά του Λονδίνου, του Εδιμβούργου και της Μελβούρνης.

Τα πρώτα ηλεκτρικά σιδηροδρομικά οχήματα κινήθηκαν με συσσωρευτές (μπαταρίες), όμως η ανάπτυξη ενός πρακτικού τύπου δυναμό από τον Werner von Siemens, επέτρεψε την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε κάποιο απομακρυσμένο σημείο και τη μεταφορά της στο όχημα μέσω κατάλληλων αγωγών. Το πρώτο σιδηροδρομικό όχημα που κινήθηκε με αυτόν τον επαναστατικό τρόπο, παρουσιάστηκε στην Διεθνή Έκθεση του Βερολίνου το 1879. Δύο χρόνια αργότερα ο οίκος Siemens - Halske, εγκαθιστά στο Βερολίνο, τον πρώτο ηλεκτρικό τροχιόδρομο στον κόσμο. Το ρεύμα των 180 Volt διοχετεύονταν στο όχημα μέσω των σιδηροτροχιών. Το 1884 εγκαθίστανται οι πρώτες γραμμές ηλεκτρικού τραμ στην Βρετανία. Δύο χρόνια αργότερα, επίσης στην Βρετανία, εμφανίζεται για πρώτη φορά σε τροχιόδρομο, ο εναέριος ηλεκτροφόρος αγωγός. Την ίδια εποχή άρχισαν να εφαρμόζονται διάφορες τεχνικές ρευματοληψίας, μεταξύ των οποίων και το "caniveau" (υποβιβασμένη εντός οδοστρώματος ρευματοφόρος ράβδος). Τελικά σαν πλέον πρακτική και ασφαλής λύση θα καθιερωθεί ο εναέριος αγωγός, από τον οποίο το ρεύμα έλξης διοχετεύεται στο όχημα μέσω μιας "κεραίας", γνωστής ως "τρολλές" (trolley pole) τοποθετημένης στην οροφή του οχήματος. Εφευρέτης αυτού του συστήματος ήταν ο Αμερικανός μηχανικός Fr. Sprague, ο οποίος σχεδίασε το πρώτο απόλυτα επιτυχημένο παγκοσμίως ηλεκτρικό τραμ στο Richmond της Βιρτζίνια το 1888 και δικαίως θεωρείται ο "πατέρας της ηλεκτρικής έλξης" στα αστικά μέσα σταθερής τροχιάς. Μέσα σε δύο χρόνια, το 1/6 των τροχιοδρομικών δικτύων στις ΗΠΑ είχαν ηλεκτροκινηθεί και το 1900 είχαν απομείνει ελάχιστες γραμμές με ιππύλατα τραμ. Από κοντά ακολούθησαν και οι πόλεις στον υπόλοιπο κόσμο.

Η Siemens ανέπτυξε στη συνέχεια ένα νέο τύπο ρευματολήπτη, την “τοξοειδή λύρα” (bow collector) ο οποίος έλυσε με απόλυτη επιτυχία το πρόβλημα του εκτροχιασμού των “τρολλέδων” και υπήρξε ο πρόγονος των σημερινών ρευματοληπτών, γνωστών ως “παντογράφους”.

Μέχρι το τέλος του 19ου αιώνα, μεγάλες πόλεις εκτός Ευρώπης και Αμερικής, όπως το Κιότο, η Μπανγκόκ και η Μελβούρνη είχαν ήδη ηλεκτροκινήσει τα τροchioδρομικά τους δίκτυα. Στη Βρετανία, αλλά και σε χώρες της επιρροής της, τα διώροφα τραμ εμφανίστηκαν σε μια προσπάθεια αύξησης της μοναδιαίας χωρητικότητας των οχημάτων, ενώ στην Ηπειρωτική Ευρώπη προτιμούσαν συρμούς δύο οχημάτων (συνήθως κινητήριο + ρυμουλκούμενο). Παράλληλα στην Αμερική τα τροchioδρομικά οχήματα άρχισαν να μεγαλώνουν, μετατρέπόμενα από διαξονικά σε τετραξονικά.

Για περίπου 25 χρόνια, μετά το 1900, τα τραμ γνώρισαν την “χρυσή εποχή” τους, και σχεδόν όλες οι σημαντικές πόλεις στον κόσμο (και αρκετές κωμοπόλεις) λειτουργούσαν δίκτυο τραμ, συνήθως δημοτικής εκμετάλλευσης. Τα τραμ παρείχαν φθηνή, άνετη και αξιόπιστη μαζική συγκοινωνία, διευκολύνοντας την αστική και οικονομική ανάπτυξη των πόλεων. Η πρόοδος της τεχνολογίας σε συνδυασμό και με λειτουργικές καινοτομίες οδήγησαν σε οχήματα μεγαλύτερης χωρητικότητας, υψηλότερης ισχύος και εν γένει βελτιωμένων επιδόσεων. Την εποχή αυτή αναπτύχθηκαν και γραμμές ταχέων προαστιακών και υπεραστικών τροchioδρόμων (Interurbans), ειδικά στην Βόρειο Αμερική όπου τέτοιες γραμμές συνολικού μήκους 15.000 μιλίων διέσχιζαν όλες τις περιοχές της ηπείρου. Το 1916, κορυφαία χρονιά για τα τραμ στις Η.Π.Α., υπήρχαν πάνω από 1.000 εταιρίες που μετακινούσαν 11 δισ. επιβάτες το χρόνο με 80.000 οχήματα, σε γραμμές μήκους 72.000 χλμ.

Το «κλίμα ευφορίας» που υπήρχε όσον αφορά την χρήση του τραμ άρχισε να ανατρέπεται κατά την δεκαετία του '20, οπότε παρουσιάστηκε ραγδαία αύξηση στο κόστος εργασίας και υλικών στις Η.Π.Α. και οι πολιτικοί αρνούσαν να εγκρίνουν τιμολογιακές αυξήσεις για την κάλυψη του λειτουργικού κόστους. Παράλληλα είχε αρχίσει η μαζική παραγωγή αυτοκινήτων, αξιόπιστα λεωφορεία ήταν διαθέσιμα, το πετρέλαιο ήταν φθηνό, το κυκλοφοριακό δεν είχε εμφανιστεί ακόμη στις πόλεις και όλα αυτά μαζί άρχισαν να δημιουργούν ένα ευνοϊκό πεδίο για την προέλαση του αυτοκινήτου σε βάρος του τραμ.

Το οικονομικό κραχ του 1929 επηρέασε αρνητικά την οικονομική κατάσταση των τροχιοδρομικών εταιριών, διαμορφώνοντας ευνοϊκές συνθήκες για την επικράτηση του λεωφορείου, αλλά και για την αντικατάσταση μέρους των τροchioδρόμων από ηλεκτρικά λεωφορεία που μπορούσαν να αξιοποιήσουν την υποδομή ηλεκτροκίνησης των τραμ.

Και ενώ αρχίζει σταδιακά η υποχώρηση του τραμ από ορισμένες αμερικάνικες πόλεις, οι διοικήσεις των κυριότερων τροchioδρομικών δικτύων των Η.Π.Α. αφυπνίζονται. Το 1930 συστήνεται η “Επιτροπή Συνεδρίου των Προέδρων των Ηλεκτρικών Σιδηροδρόμων” (Electric Railways Presidents Conference Committee, πιο γνωστή με τα αρχικά P.C.C.), με σκοπό την τυποποίηση ενός τροchioδρομικού οχήματος, το οποίο θα εξασφάλιζε ανέσεις και επιδόσεις υψηλού επιπέδου, ως ύστατη απάντηση στην επίθεση των οδικών μέσων μεταφοράς (λεωφορείων και ΙΧ).

Έτσι το 1935 μπαίνει στην κυκλοφορία το αεροδυναμικό τροchioδρομικό όχημα PCC που έφερε μια μικρή επανάσταση στις αστικές συγκοινωνίες και έγινε συνώνυμο της άνεσης, της ευρυχωρίας, της ταχύτητας, της ομαλής και αθόρυβης κίνησης και της αξιόπιστης λειτουργίας.

Παρά το γεγονός όμως ότι χάρη στο PCC αρκετά δίκτυα διασώθηκαν ή τουλάχιστον παρέτειναν την λειτουργία τους για κάμποσα χρόνια, η αντίστροφη μέτρηση είχε δυστυχώς αρχίσει. Η δράση του περιβόητου “Oil and Automobile Lobby”, αποτελούμενου από τις μεγάλες εταιρίες πετρελαιοειδών και παραγωγής αυτοκινήτων και ελαστικών (General Motors, Mack, Standard Oil, Phillips Petroleum, κ.ά.) κατάφερε να εξαφανίσει από το μεγαλύτερο μέρος της Αμερικής τα περισσότερα δίκτυα ηλεκτρικών τραμ και Interurbans. Βασικό εργαλείο επίτευξης αυτού του στόχου ήταν η εξαγορά και απορρόφηση άνω των 80 μεγάλων τέτοιων δικτύων από την NATIONAL CITY LINES, μια εταιρία-βιτρίνα που συστάθηκε και χρηματοδοτήθηκε από το Oil and Automobile Lobby. Η εταιρία αυτή, αφού εξαγόρασε ένα μεγάλο αριθμό συστημάτων δημοσίων συγκοινωνιών, ξήλωσε τα τραμ και στη θέση τους δρομολόγησε λεωφορεία.

Η καταστροφή των τροchioδρομικών δικτύων ήταν σχεδόν ολοκληρωτική. Στη θέση των ταχέων τροchioδρομικών διαδρόμων ξεφύτρωσαν αυτοκινητόδρομοι και πολύπλοκοι ανισόπεδοι κόμβοι προκειμένου να προωθηθούν οι μαζικές πωλήσεις του Ι.Χ. αυτοκινήτου. Από τα 1.188 συστήματα τραμ που υπήρχαν στο απόγειό τους

στην Βόρεια Αμερική, το 1970 είχαν απομείνει μόλις 9 (Βοστώνη, Κλήβελαντ, Newark, Ν. Ορλεάνη, Φιλαδέλφεια, Πίτσμπουργκ, Σαν Φραντζίσκο, Yakima και Τορόντο).

Μετά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο η συρρίκνωση (ή και ολοσχερής κατάργηση) των τραμ συνεχίστηκε στις χώρες που είχαν επηρεαστεί από το αμερικάνικο μοντέλο (Μεγ. Βρετανία, Γαλλία, Ισπανία, Ελλάδα, χώρες του Τρίτου Κόσμου, κλπ.). Στη Μεγ. Βρετανία το τελευταίο δίκτυο που καταργήθηκε (πλην του Μπλάκπουλ που διατηρείται έως τώρα) ήταν της Γλασκώβης το 1962. Αντίθετα σε αρκετές χώρες της ηπειρωτικής Ευρώπης (Βέλγιο, Ολλανδία, Γερμανία, Ελβετία, Ιταλία, Αυστρία, Ανατολικο-ευρωπαϊκές χώρες) τα τραμ όχι μόνο διατηρήθηκαν, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις ενδυναμώθηκαν με ριζική ανανέωση του στόλου (συνήθως με οχήματα παρεμφερούς σχεδιασμού με τα PCC), νέες γραμμές, κ.ο.κ.

Οι πρώτες προσπάθειες για αναγέννηση και εκσυγχρονισμό του τραμ έγιναν σε εκείνες ακριβώς τις δυτικοευρωπαϊκές χώρες που επέλεξαν να διατηρήσουν αυτό το μέσο. Στο κέντρο πολλών γερμανικών, βελγικών και αυστριακών πόλεων διαμορφώνονται ανισόπεδες διασταυρώσεις του τραμ με κυκλοφοριακούς κόμβους, προκειμένου να διαφυλαχθεί η λειτουργική του αξιοπιστία. Στις χώρες του ανατολικού μπλοκ, η μη εξάπλωση της αυτοκίνησης εξακολουθεί να διασφαλίζει στο τραμ πρωτεύοντα ρόλο στις αστικές συγκοινωνίες, που στην περίπτωση των μεγάλων αστικών κέντρων τον μοιράζεται με το μετρό. Η τσέχικη εταιρία CKD Tatra, που σχεδόν μονοπωλεί την προμήθεια οχημάτων τραμ στις χώρες της COMECON, φθάνει σε πρωτοφανή ύψη παραγωγής, της τάξης των 1.000 οχημάτων ετησίως. Τα περισσότερα από αυτά έχουν ενσωματώσει κατόπιν αδείας αρκετές από τις αρχές σχεδιασμού των οχημάτων τύπου PCC.

Στα τέλη της δεκαετίας του '60 οι αρχές σχεδιασμού των μεγάλων πόλεων στην Δύση αρχίζουν να συνειδητοποιούν το αδιέξοδο στο οποίο έχουν φτάσει με την ολοένα και αυξανόμενη αυτοκίνηση και την παράλληλη περιθωριοποίηση της Δημόσιας Συγκοινωνίας. Η κυκλοφοριακή συμφόρηση δημιουργεί χαοτικές συνθήκες ιδιαίτερα στις ώρες αιχμής στα ήδη βεβαρημένα κέντρα των πόλεων, ο κορεσμός της διαθέσιμης οδικής επιφάνειας διαμορφώνει νέα ιεράρχηση αξιών και νέα ήθη στην καθημερινή πρακτική των αστικών μετακινήσεων, ενώ τέλος η ποικιλότητα ρύπανση (χημική, ηχητική, οπτική) διαμορφώνει ένα ασφυκτικό

πλαίσιο βαθμιαίας απαξίωσης των πόλεων και ιδιαίτερα των κεντρικών τους περιοχών.

Είναι η ώρα που η πολεοδομική και συγκοινωνιακή προσέγγιση στον σχεδιασμό, για τις Αρχές των μεγαλουπόλεων της Δύσης αρχίζει να αλλάζει άρδην, να αναστρέφει την ιεράρχηση των προτεραιοτήτων και να αμφισβητεί το μέχρι τότε αυτοκινητοκεντρικό μοντέλο. Δεν είναι τυχαίο λοιπόν ότι το τραμ με τις πολύτιμες ιδιότητές του συγκεντρώνει ξανά την προσοχή πολεοδόμων, συγκοινωνιολόγων, περιβαλλοντολόγων, developers και στελεχών της Τοπικής Αυτοδιοίκησης. Η μεγάλη μεταφορική ικανότητα του τραμ, ενός ήπιου και καθαρού περιβαλλοντικά μέσου μαζικής μεταφοράς, δείχνει τον δρόμο: εάν και εφόσον η ζήτηση σε ένα συγκοινωνιακό διάδρομο δεν απαιτεί υπόγειο μετρό, αλλά και δεν μπορεί να εξυπηρετηθεί από τα λεωφορεία ή τρόλλεϋ, η λύση είναι η δημιουργία ενός αναβαθμισμένου επιφανειακού δικτύου τραμ που θα κινείται κατά το δυνατόν σε αποκλειστικό διάδρομο κυκλοφορίας και θα εγγυάται αξιοπιστία, ποιότητα μεταφοράς, ανθρώπινη εξυπηρέτηση και σχετικά χαμηλό κόστος υλοποίησης, περίπου 4 έως 7 φορές φθηνότερο από το αντίστοιχο για μετρό. Το τραμ δομεί τον χώρο, εκμεταλλεύεται κατά τον αποδοτικότερο τρόπο την αποκλειστική λωρίδα που χρησιμοποιεί, την περιφρουρεί αποτελεσματικότερα από ότι το λεωφορείο ή το τρόλλεϋ, αποθαρρύνει την χρήση Ι.Χ., ενώ απολαμβάνει “ισχυρότερης” και ελκυστικότερης εικόνας στα μάτια των χρηστών σε σχέση με τα άλλα μέσα και η εγκατάστασή του μπορεί να συνδυαστεί με έργα ανάπλασης και αισθητικής αναβάθμισης των περιοχών διέλευσης των γραμμών του.

Η ευτυχής συγκυρία για την αναγέννηση του τραμ είναι ότι η ευρύτερη διαπίστωση της επικαιρότητάς του και η ωρίμανση των πολεοδομικών και κυκλοφοριακών συνθηκών που επιβάλλουν την χρήση του, συνέπεσαν με την γένεση του νέου τραμ, αυτού που αποκαλείται πλέον Light Rail ή Light Rail Transit (LRT). Το LRT ουσιαστικά άλλαξε με επαναστατικό τρόπο την εικόνα όχι μόνο του τραμ, αλλά συνολικότερα των επιφανειακών μαζικών μέσων μεταφοράς.

Στις μέρες μας, οι περισσότερες μεγαλουπόλεις έχουν εντάξει στον ιστό των συγκοινωνιών τους το τραμ, αναγνωρίζοντάς το σαν ένα περιβαλλοντικά φιλικό μέσο μαζικής μεταφοράς, το οποίο προσφέρει μία διαφορετική εικόνα από τους δρόμους που περνά.

1.3 Το Τραμ στην Ελλάδα

Οι περισσότεροι σήμερα γνωρίζουμε το Τραμ της Αθήνας. Όμως εκτός από την Αθήνα πριν από 100 και πλέον χρόνια η πόλη της Θεσσαλονίκης, της Πάτρας, του Βόλου, της Καλαμάτας και του Καρλοβασίου στη Σάμο ήταν οι πόλεις που είχαν και αυτές δίκτυο Τραμ.

Η ανάπτυξη με Τραμ θεωρείτο η καλύτερη επιλογή για τις πόλεις. Έτσι, σχετικά νωρίς, αναπτύχθηκε ένα αξιόλογο για τα δεδομένα της εποχής και της χώρας μας δίκτυο, το οποίο συνεισέφερε πάρα πολύ τόσο στην μετακίνηση των επιβατών, όσο και των εμπορευμάτων.

Ας δούμε λοιπόν ανά πόλη μία σύντομη ανασκόπηση των δικτύων τραμ που είχαν αναπτυχθεί στην Ελλάδα.

Τραμ Πατρών

Το Τραμ της Πάτρας ήταν πρωτοποριακό, διότι ήταν το πρώτο ηλεκτροκίνητο τραμ στην Ελλάδα με την Αθήνα να αποκτά λίγα χρόνια αργότερα την δική της ηλεκτροκίνητη γραμμή. Τη συγκοινωνία εξυπηρετούσαν έξι αυτοκινούμενες άμαξες, τέσσερις την Κάτω Πόλη και δύο την Άνω. Καθεμία έσερνε δύο ή τρία βαγόνια, ανάλογα με την ώρα και την αναμενόμενη κίνηση. Κάθε βαγόνι είχε 14 θέσεις επιβατών, αλλά παραλάμβανε και οκτώ ορθίους, τέσσερις σε κάθε εξώστη. Το Τραμ της Πάτρας ξεκίνησε την λειτουργία της το 1902 και καταργήθηκε τα 1918, σαν επακόλουθο του Α΄ Παγκοσμίου Πολέμου.

Οι γραμμές που εξυπηρετούνταν ήταν δύο: Η πρώτη ξεκινούσε από τον ναό Αγίου Διονυσίου ως την περιοχή των Ιτιών, και η δεύτερη η γραμμή Άνω Πόλεως, που περνούσε από τις οδούς Γούναρη (τότε Καλαβρύτων), Αγίου Γεωργίου, Γερμανού και κατέληγε στα Ταμπάχανα.

Τραμ Καρλοβασίου

Η δημιουργία του τραμ στο Καρλόβασι της Σάμου κρίθηκε επιτακτική από τους τότε ιθύνοντες της πόλης, λόγω της αλματώδους ανάπτυξης που παρουσίαζε η πόλη τόσο σε οικιστικό, όσο και σε εμπορικό επίπεδο.

Οι εργασίες κατασκευής της γραμμής του τραμ άρχισαν στα τέλη Ιουνίου του 1905 και τελείωσαν σε χρόνο ρεκόρ, αφού τα εγκαίνια της λειτουργίας του έγιναν την 25η Σεπτεμβρίου 1905. Η βασική γραμμή είχε μήκος 3.300 μέτρα, ενώ υπήρχαν και δύο διακλαδώσεις, για εμπορικές μεταφορές, μήκους 750 και 250 μέτρων.

Για την έλξη των επιβατικών τραμ χρησιμοποιούσαν δύο άλογα. Το βαγόνι-πλατφόρμα έσυρε πάντοτε ένα άλογο. Ο συνολικός αριθμός των αλόγων που χρησιμοποιούσαν ήταν γύρω στα 10 με 15.

Η εμφάνιση λεωφορείων και φορτηγών και η αδυναμία συντήρησης του τροχαίου υλικού και των γραμμών, οδήγησαν στο τέλος της λειτουργίας του στα τέλη Οκτωβρίου του 1939.

Τραμ Θεσσαλονίκης

Η ιστορία του τραμ της Θεσσαλονίκης είναι πολύ παλιά και αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της ιστορίας της Θεσσαλονίκης, αφού από το 1893 μέχρι το 1957, έπαιξε το δικό του ρόλο στην ιστορία της πόλης.

Το 1907 ξεκινούν οι εργασίες για να γίνει ηλεκτροκίνητο το τραμ με το πρώτο ηλεκτροκίνητο τραμ να κυκλοφορεί στις 14/6/1908. Το δίκτυο των γραμμών που χρησιμοποίησε τελικά το ηλεκτροκίνητο τραμ δεν ξεπερνά εκείνο του ιππήλατου. Έτσι, οι βασικές γραμμές για αρκετά χρόνια θα παραμείνουν δύο.

Η πρώτη ακολουθούσε τη διαδρομή Ντεπώ - Βασ. Όλγας – Παραλία - Πλατεία Ελευθερίας - Τελωνείο. Η δεύτερη γραμμή από το ύψος του Λευκού Πύργου διακλαδίζονταν από τη προηγούμενη και ακολουθούσε τη διαδρομή: Λευκός Πύργος - Εθνικής Αμύνης – Συντριβάνι – Εγνατία – Βαρδάρη – Παλιός σιδηροδρομικός σταθμός – Μπεχτσινάρ.

Ωστόσο το 1954 η Κυβέρνηση αποφασίζει την κατάργηση του τραμ και στις 8 Μαΐου 1954, ξηλώθηκε η γραμμή της Β. Όλγας, ενώ με διάφορες προφάσεις αρχίζει να διακόπτεται η λειτουργία του τραμ, και στις 27 Ιουλίου 1957 το τραμ περνάει για τελευταία φορά από την Εγνατία.

Τραμ Αθήνας

Τα πρώτα τραμ έκαναν την εμφάνισή τους στους δρόμους της Αθήνας το 1882. Ήταν ελαφρά οχήματα, κλειστά το Χειμώνα με 16 θέσεις και ανοιχτά το καλοκαίρι με 20 θέσεις, τα οποία έλκονταν από τρία άλογα.

Αυτές οι πρώτες γραμμές συνέδεσαν το κέντρο της Αθήνας με τα τότε προάστια, δηλαδή τα Πατήσια, τους Αμπελοκήπους και την Κολοκυνθού, καθώς και την Πλατεία Ομοιοίας με το Σύνταγμα, το Γκάζι και το Κεραμεικό Δίπυλο, ενώ αργότερα, το 1902, εξυπηρέτησαν τις οδούς Ιπποκράτους, Μητροπόλεως και Αχαρνών.

Το ατμήλατο τραμ του Φαλήρου ξεκίνησε να λειτουργεί το 1887. Με αφετηρία μπροστά στην Ακαδημία Αθηνών, διέσχιζε τις λεωφόρους Πανεπιστημίου, Αμαλίας και Θησέως, έφτανε στις Τζιτζιφιές, κι από εκεί, μέσω της παραλιακής λεωφόρου, κατέληγε στο Φάληρο, όπου υπήρχαν τότε παραθαλάσσια κέντρα αναψυχής και θαλάσσια λουτρά.

Στις 30 Οκτωβρίου του 1908 κυκλοφόρησαν τα πρώτα ηλεκτρικά τραμ, τα οποία επρόκειτο να αντικαταστήσουν σταδιακά τα ιππήλατα. Τα επόμενα δύο χρόνια, το δίκτυο του τραμ απέκτησε 257 οχήματα -150 κινητήρια και 107 ρυμουλκούμενα- μαζί με τα παλιά, που επαναχρησιμοποιήθηκαν ως ρυμουλκούμενα.

Μετά την Κατοχή αρχίζει η φθίνουσα πορεία των τραμ της Αθήνας, με την κατάργηση ορισμένων γραμμών. Η πραγματική, όμως, κατάργηση συμπίπτει με το θεαματικό ξήλωμα των σιδηροτροχιών στον κόμβο των Χαυτείων, από συνεργεία του Υπουργείου Δημοσίων Έργων, τις πρώτες πρωινές ώρες της 16ης Νοεμβρίου 1953, και τον επακόλουθο παροπλισμό των γραμμών Πατησίων - Αμπελοκήπων και Κυψέλης - Παγκρατίου.

Το τελευταίο κουδούνισμα από καμπανάκι αθηναϊκού τραμ ακούστηκε έξω από το αμαξοστάσιο της Αγίας Τριάδας Κεραμεικού, τα μεσάνυχτα της 15ης προς 16η Οκτωβρίου του 1960. Παρέμενε, ωστόσο, η γραμμή του τραμ του Περάματος, η οποία παρέμεινε σε λειτουργία ως τις 4 Απριλίου 1977. Εκείνη τη στιγμή γράφτηκε ο επίλογος της πρώτης περιόδου του ελληνικού τραμ.

Σαράντα τέσσερα χρόνια μετά, το τραμ επέστρεψε στους δρόμους της πρωτεύουσας, σύγχρονο και τεχνολογικά προηγμένο. Ξεκίνησε τη λειτουργία του στις 19 Ιουλίου 2004, σχεδόν ταυτόχρονα με τους Ολυμπιακούς Αγώνες της Αθήνας.

Το δίκτυο του τραμ διαθέτει συνολικά 48 στάσεις, εκ των οποίων οι τρεις, «ΣΥΝΤΑΓΜΑ», «ΣΕΦ» και «ΑΣΚΛΗΠΕΙΟ ΒΟΥΛΑΣ», είναι τερματικές. Σε 16 στάσεις οι αποβάθρες είναι κεντρικές, σε 30 στάσεις οι αποβάθρες είναι πλευρικές, ενώ στις τερματικές στάσεις «ΣΕΦ» και «ΑΣΚΛΗΠΕΙΟ ΒΟΥΛΑΣ» υπάρχουν δύο κεντρικές αποβάθρες.

Όλες οι διοικητικές και λειτουργικές υπηρεσίες της ΤΡΑΜ Α.Ε. στεγάζονται στο Ελληνικό, στο χώρο του παλιού αεροδρομίου (Αμαξοστάσιο Ελληνικού). Εκεί βρίσκονται οι κτιριακές εγκαταστάσεις της εταιρίας (γραφεία, ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις κλπ), το Κέντρο Ελέγχου Λειτουργίας, το συνεργείο του τροχαίου υλικού, όπου γίνεται συντήρηση, επισκευή και καθαρισμός των οχημάτων, καθώς και ο χώρος για τη στάθμευση των τραμ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΟΥ ΤΡΑΜ

2.1 Εισαγωγή

Το τραμ τα τελευταία χρόνια έχει καταστεί βασικό μεταφορικό μέσο στις σύγχρονες μεγαλουπόλεις σε ολόκληρο τον κόσμο. Χάρη στην ευελιξία σχεδιασμού του, τις εναλλακτικές τεχνολογίες που ενσωματώνει και το φιλικό περιβαλλοντικό προφίλ που διαθέτει, καθίσταται ιδιαίτερα ελκυστικό για εφαρμογή σε αστικό τοπίο. Όπως είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, όλο και περισσότερες πόλεις είτε επανασχεδιάζουν το δίκτυό τους, είτε το εκσυγχρονίζουν, είτε το κατασκευάζουν εξ αρχής, αναγνωρίζοντας τα ποικίλα οφέλη που το συνοδεύουν.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων πόλεων, των οποίων οι φορείς ανταποκρίνονται στα κελεύσματα των καιρών είναι δύο ελληνικές πόλεις, η Πάτρα και το Ηράκλειο. Για αυτές έχουν εκπονηθεί ήδη τεχνοοικονομικές μελέτες, οι οποίες συντείνουν όλες στην αναγκαιότητα σχεδιασμού ενός δικτύου τραμ, το οποίο όχι μόνο θα αναζωογονήσει τον ιδιαίτερα επιβαρυμένο πολεοδομικό ιστό τους, αλλά αποδεικνύεται και κερδοφόρο (έστω και οριακά για την περίπτωση της Πάτρας).

Το πιο γνώριμο σε εμάς παράδειγμα αναδημιουργίας δικτύου είναι αυτό της Αθήνας. Ενόψει των Ολυμπιακών Αγώνων του 2004, οι αρμόδιοι έκριναν αναγκαία την ύπαρξη ενός δικτύου τραμ. Έτσι, κατασκευάστηκε ένα υπερσύγχρονο δίκτυο, το οποίο ανταποκρίνεται άμεσα στις ανάγκες μίας σύγχρονης μεγαλούπολης, και αργά είναι η αλήθεια αλλά σταθερά έγινε μέρος της καθημερινής συγκοινωνιακής ρουτίνας των Αθηναίων.

Φυσικά, η εφαρμογή ενός τόσο ευρείας κλίμακας έργου είχε σαν αποτέλεσμα την πρόκληση γόνιμου διαλόγου για το κατά πόσο ένα τέτοιο μέσο μεταφοράς είναι πραγματικά απαραίτητο, με την κάθε πλευρά να αντιτείνει λογικά επιχειρήματα. Μετά από επτά χρόνια λοιπόν εμπειρίας από την δημιουργία του δικτύου, είμαστε

πια σε θέση να αξιολογήσουμε πιο αντικειμενικά τα ενδεχόμενα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης του τραμ.

Επίσης, σε αυτό το κεφάλαιο θα κάνουμε και μία σύντομη αναφορά σε διάφορα συστήματα τραμ που έχουν εφαρμοστεί ανά τον κόσμο, καθώς και στις τεχνολογίες σύμφωνα με τις οποίες είναι αυτά κατασκευασμένα.

2.2. Πλεονεκτήματα

Το τραμ θεωρείται διεθνώς ότι παρουσιάζει μια σειρά μοναδικών πλεονεκτημάτων έναντι των άλλων Μέσων Μαζικής Μεταφοράς:

- Είναι οικολογικό και φιλικό προς το περιβάλλον, αφού ως ηλεκτροκίνητο μέσο δεν εκπέμπει ρύπους, ενώ λόγω της κύλισής του στις σιδηροτροχιές έχει χαμηλότερη ενεργειακή κατανάλωση από τα υπόλοιπα ελαστικοφόρα οδικά μέσα
- Είναι αξιόπιστο και συνεπές λόγω του αποκλειστικού του διαδρόμου, που του επιτρέπει να μην εμπλέκεται με την κυκλοφορία των οχημάτων
- Είναι ασφαλές καθώς η κατασκευή και λειτουργία του διέπεται από τις αυστηρότερες προδιαγραφές
- Λόγω της χωρητικότητάς του, διαθέτει μεγάλη μεταφορική ικανότητα σε σχέση με τα αυτοκίνητα, τα λεωφορεία και τα τρόλλεϋ
- Γίνεται ένα με την πόλη και τις λειτουργίες της, αφού κινείται το ίδιο καλά σε φαρδείς και στενούς δρόμους, περνά μέσα από πάρκα, πλατείες και πεζοδρόμους, γειτνιάζει με αρχαιολογικούς χώρους και εμπορικά κέντρα και συνυπάρχει αρμονικά με τους πεζούς
- Είναι οικονομικό, αφού για την κατασκευή του απαιτείται το 1/6 έως το 1/8 της επένδυσης που απαιτείται για την κατασκευή του Μετρό
- Μπορεί να μοιραστεί τις ίδιες υποδομές ηλεκτροδότησης με τα τρόλλεϋ.
- Μπορεί να προσαρμοστεί στην επιβατική κίνηση, προσθαφαιρώντας βαγόνια.
- Τα λειτουργικά κόστη είναι χαμηλά.

Ειδικότερα το τραμ της Αθήνας διαθέτει μια σειρά επιπρόσθετων πλεονεκτημάτων:

- Παρέχει επιβατικές μετακινήσεις σε άξονες που δεν εξυπηρετούνται σήμερα από τα άλλα μέσα σταθερής τροχιάς. Λειτουργεί τις περισσότερες ώρες από κάθε άλλο μέσο, καθημερινά από τις 05:30 π.μ. μέχρι τη 01:00 π.μ., ενώ Παρασκευή και Σάββατο πραγματοποιεί δρομολόγια από 05:30 έως 02:30
- Διαθέτει άρτια οργανωμένη υπηρεσία Εξυπηρέτησης Κοινού με πολλούς τρόπους επικοινωνίας (e-mail, site, fax, τηλέφωνο) και άμεσο χρόνο απόκρισης
- Προσφέρει εύκολη πρόσβαση στο επιβατικό κοινό, λόγω της επιφανειακής χωροθέτησης των στάσεων και της μικρής σχετικά απόστασης μεταξύ τους. Επιπλέον τόσο οι στάσεις όσο και τα οχήματα είναι προσβάσιμα από Άτομα με Αναπηρία
- Είναι προηγμένο τεχνολογικά και διαθέτει υψηλή αισθητική
- Εξασφαλίζει άνετη μετακίνηση στους επιβάτες με το εσωτερικό των οχημάτων να διαθέτει ποιότητα κατασκευής, εργονομικό σχεδιασμό και κλιματισμό
- Αναβάθμισε αισθητικά και βελτίωσε τις υποδομές των περιοχών από τις οποίες διέρχεται με την αναμόρφωση της ευρύτερης ζώνης των γραμμών του. Στις περιοχές που γειτνιάζουν με το δίκτυο του τραμ φυτεύτηκαν δέντρα, θάμνοι και καλλωπιστικά φυτά. Επιπλέον, έχει φυτευτεί και συντηρείται χλοοτάπητας στο μεγαλύτερο μέρος του διαδρόμου διέλευσης του τραμ
- Συντελεί στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο μητροπολιτικό κέντρο, λόγω της απομάκρυνσης ολοένα και περισσότερων Ι.Χ.
- Εξυπηρετεί τις Ολυμπιακές αθλητικές εγκαταστάσεις
- Προσφέρει ασφάλεια στους επιβάτες με ειδικά εκπαιδευμένο προσωπικό και χρησιμοποιώντας τα πιο σύγχρονα τεχνικά μέσα
- Λειτουργεί συμπληρωματικά με τα άλλα μέσα σταθερής τροχιάς, λόγω της δυνατότητας που παρέχει στο επιβατικό κοινό για άμεση μετεπιβίβαση σε άλλα μέσα στο Στάδιο Ειρήνης & Φιλίας (ΣΕΦ) με τη γραμμή του ηλεκτρικού, στο Νέο Κόσμο και στο Φιξ με τη γραμμή 2 του Μετρό και στο Σύνταγμα με τις γραμμές 2 και 3 του Μετρό, ενώ οι στάσεις του τραμ βρίσκονται σε θέσεις που εξασφαλίζουν άμεση γειτνίαση με στάσεις λεωφορείων και τρόλλεϋ
- Παρέχει υψηλού επιπέδου υπηρεσίες με ανθρώπινο δυναμικό που εκπαιδεύεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα
- Επιτρέπει την είσοδο στους κατόχους ποδηλάτων για τη διευκόλυνση των μετακινήσεών τους και μάλιστα άνευ περιορισμού ημέρας και ώρας

- Επιτρέπει τη μεταφορά μικρών κατοικίδιων ζώων μέσα σε ειδικά καλάθια διαστάσεων μέχρι 70x40x50cm, καθώς και την επιβίβαση σκύλων-οδηγών τυφλών.

2.3 Μειονεκτήματα

Τα σημεία που τονίστηκαν στην προηγούμενη παράγραφο ασφαλώς και αποτελούν ένα ισχυρό οπλοστάσιο στην επιχειρηματολογική φαρέτρα των υποστηρικτών του τραμ. Η εμπειρία όμως από την εφαρμογή του δικτύου στην πόλη της Αθήνας, κατέδειξε και κάποια άλλα ζητήματα, περισσότερο ή λιγότερο σημαντικά, τα οποία συνοψίζονται στα παρακάτω:

- Το τραμ αποτελεί μία ανελαστική λύση, που δεν επιδέχεται τροποποιήσεις αν η ανάγκη το απαιτήσει.
- Ελλειπείς συμπληρωματικές υποδομές, με κυριότερη έλλειψη αυτήν των θέσεων στάθμευσης στις αφετηρίες ή στις στάσεις, με αποτέλεσμα η χρήση του να κρίνεται μη ελκυστική για κατοίκους που διαμένουν σε μακρινή απόσταση από το δίκτυο και δεν διαθέτουν άλλον τρόπο προσέγγισης του.
- Ύπαρξη αρκετών ατυχημάτων με οχήματα στους κόμβους όπου το δίκτυο διασταυρώνεται με την κυκλοφορία.
- Υπάρχουν επίσης και κάποια κοινωνικά προβλήματα τα οποία ενσκύπτουν, καθώς ένας ιδιώτης είναι λογικό να μην θέλει να πραγματοποιήσει τις αγορές του από κατάσταση το οποίο βρίσκεται επί του δικτύου του τραμ, καθώς όπως προείπαμε δεν θα βρει θέση για να σταθμεύσει το όχημά του.
- Υψηλότερο αρχικό κόστος
- Σε συνθήκες βροχόπτωσης, οι ράγες γίνονται επισφαλείς και αυξάνεται ο κίνδυνος ατυχημάτων.

Από τα παραπάνω, βλέπουμε πως τα επιχειρήματα των σκεπτικιστών όντως έχουν κάποια βάση. Δεν πρέπει όμως να παραγνωρίσουμε ότι τα περισσότερα από τα προβλήματα αυτά έχουν προκύψει κυρίως από όχι τόσο ορθό σχεδιασμό και δεν αποτελούν εγγενή μειονεκτήματα του μέσου. Για αυτόν τον λόγο όμως ακριβώς θα πρέπει ο σχεδιασμός από τους συγκοινωνιολόγους να είναι ακόμα πιο προσεκτικός, έτσι ώστε αφενός να υπάρχει η ελάχιστη ανάγκη για τροποποιήσεις του δικτύου, και αφετέρου να είναι ακόμα πιο ομαλή η ένταξη του μέσου αυτού στον πολεοδομικό και κοινωνικό ιστό μιας περιοχής.

2.4 Τεχνολογίες

Είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο ότι κατά την διάρκεια των χρόνων, η τεχνολογία του τραμ εξελισσόταν συνεχώς, με αποτέλεσμα το μέσο αυτό να μετατραπεί στις μέρες μας σε ένα καθαρά αστικό μέσο, στα πλαίσια του θορύβου και των καυσαερίων, καθώς και της άνεσης και των υπηρεσιών που προσφέρει στους επιβάτες.

Σε αυτήν την παράγραφο λοιπόν θα κάνουμε λόγο για τις διάφορες τεχνολογίες που παρουσιάστηκαν στο πέρασμα των χρόνων, καθώς και σε χαρακτηριστικά συστήματα που βρίσκονται εν χρήση σήμερα.

Τα περισσότερα τραμ στις μέρες μας χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια, η οποία τροφοδοτείται σε αυτά μέσω ενός παντογράφου (**εικ.2-1**). Ο παντογράφος είναι μία συσκευή η οποία συλλέγει το ηλεκτρικό ρεύμα από ένα καλώδιο το οποίο βρίσκεται κατά μήκος της διαδρομής του οχήματος και πάνω από αυτό. Το κύκλωμα κλείνει μέσω των μεταλλικών ραγών επί των οποίων κινείται το όχημα.



Εικ.2-1: Παντογράφος

Η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας κρίθηκε απαραίτητη, καθώς η χρήση της δεν επιβαρύνει το αστικό περιβάλλον με επιπλέον ρύπους. Το βασικό μειονέκτημα όμως που επιβάλλει η χρήση της είναι ότι δεν προσφέρει ευελιξία στην διαδρομή του οχήματος, καθώς η χρήση του παντογράφου επιβάλλει μια προδιαγεγραμμένη πορεία.

Αν εξαιρέσουμε από αυτήν την «τεχνολογική» ανασκόπηση τα ιππήλατα τραμ, των οποίων η λειτουργία και η αναγκαιότητα την συγκεκριμένη περίοδο που αναπτύχθηκαν είναι προφανής, βλέπουμε πως τα πρώτα μηχανοκίνητα τραμ ήταν αυτά που κινούνταν με ατμό. Γενικά υπήρχαν δύο τύποι ατμοτράμ. Το πρώτο είδος είχε την μηχανή στο μπροστινό μέρος του συρμού, όπως δηλαδή ένα μικρό τρένο.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούσαν τα τραμ του Σίδνεϋ, του Christchurch στη Νέα Ζηλανδία και στο Μόναχο. Οι μηχανές συνήθως υπόκεινταν σε κάποιες μετατροπές, έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αστικές περιοχές. Οι τροχοί, καθώς και τα υπόλοιπα κινούμενα μέρη της μηχανής, εγκιβωτίζονταν για λόγους ασφαλείας και κοινής ησυχίας. Λαμβάνονταν επίσης μέτρα ώστε να αποφευχθεί η εκπομπή ορατού καπνού ή ατμού, με την χρήση κατάλληλων καύσιμων πρώτων υλών και συμπυκνωτών.

Το δεύτερο είδος ατμοτράμ ενσωμάτωνε την μηχανή στο σώμα ενός βαγονιού. Ο λόγος για τον οποίο αρχικά είχε υιοθετηθεί αυτό το είδος ήταν η πεποίθηση πως λόγω της εμφάνισής του, θα τρόμαζε λιγότερο τα άλογα που κινούνταν στους αστικούς δρόμους. Χαρακτηριστικά παραδείγματα πόλεων που εφάρμοσαν τέτοιου είδους συστήματα είναι το Παρίσι, το Ροκχάμπτον της Αυστραλίας και η Στοκχόλμη. Το κυριότερο μειονέκτημα αυτού του είδους τραμ ήταν ο περιορισμένος διαθέσιμος χώρος για την μηχανή, πράγμα που ανάγκαζε τους μηχανικούς να ενσωματώνουν μικρού μεγέθους μηχανές, οι οποίες δεν επαρκούσαν για τις ενεργειακές ανάγκες του οχήματος.

Ο επόμενος τύπος τραμ ήταν το καλωδιωτό. Σε αυτόν τον τύπο, τα βαγόνια έλκονται κατά μήκος των ραγών από ένα συνεχώς κινούμενο καλώδιο, το οποίο κινείται με σταθερή ταχύτητα. Η ισχύς για την κίνηση του καλωδίου παρέχεται από μία μηχανή τοποθετημένη στο τέλος της διαδρομής. Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτού του είδους τραμ είναι εγκατεστημένο στο Σαν Φρανσίσκο, το οποίο μάλιστα λειτουργεί ακόμα και μέχρι τις μέρες μας, όπως επίσης και αυτό του Ουέλλινγκτον της Νέας Ζηλανδίας.

Τα καλωδιωτά οχήματα έχουν σαν βασικό μειονέκτημα το υψηλό κόστος συντήρησης, από την στιγμή που χρειάζονται συνεχώς ανταλλακτικά για καλώδια, τύμπανα και μηχανές. Επίσης, ο χειρισμός τους είναι σχετικά δύσκολος. Ένα ακόμα μεγάλο μειονέκτημα είναι το γεγονός πως όταν ένα καλώδιο χαλάσει, κάτι που συμβαίνει συχνά σε αυτού του είδους τα συστήματα, τότε πρέπει να παύσουν τελείως τα δρομολόγια στην διαδρομή αυτού του καλωδίου, μέχρι να αποκατασταθεί η ζημιά. Έτσι, δεν είναι παράλογο το γεγονός, πως όταν άρχισε η ανάπτυξη των ηλεκτροκίνητων τραμ, η χρήση των καλωδιωτών μειώθηκε κατακόρυφα. Παρ'όλα αυτά όμως, η χρήση τους σε κάποια σημεία του πλανήτη έχει κρατήσει ως σήμερα, χάρη στην εγγενή ικανότητα αυτών των οχημάτων να

κινούνται χωρίς πρόβλημα και με σταθερή ταχύτητα σε εδάφη με κλίση, πράγμα που τα καθιστά ιδεώδη για πόλεις χτισμένες σε λόφους.

Μια άλλη τεχνολογία που εφαρμόστηκε στα τέλη του 19^{ου} αιώνα και στις αρχές του 20^{ου}, ήταν αυτή της χρήσης αερίου. Παραδείγματα τέτοιων συστημάτων αποτελούσαν αυτά του Clifton Hill της Μελβούρνης, της Δρέσδης και του Manchester. Τώρα πια δεν κυκλοφορούν τέτοιου είδους οχήματα, ενώ προγραμματίζεται για το 2012 η κυκλοφορία ενός τραμ στην Μαλαισία, το οποίο ο θα χρησιμοποιεί συμπιεσμένο αέριο.

Τέλος, έχουν χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς και άλλες τεχνολογίες, με περισσότερη ή λιγότερη επιτυχία. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι τα πετρελαιοκίνητα τραμ, όπως εκείνο της περιοχής Sparnagar της Στοκχόλμης, του Καράτσι και του Γκάβελστον του Τέξας.

Πέρα από το προφανές μειονέκτημα της τροφοδοσίας πετρελαίου, τέτοιου είδους συστήματα πλεονεκτούν σε περιοχές όπου υπάρχουν έντονα καιρικά φαινόμενα και επομένως, η εγκατάσταση ηλεκτροκίνητων τραμ θα ήταν προβληματική. Αυτή είναι η περίπτωση του Γκάβελστον, όπου είναι ακόμη σε λειτουργία, και που εκμεταλλεύεται το πλεονέκτημα της ευρύτερης περιοχής όσον αφορά τα κοιτάσματα πετρελαίου, με αποτέλεσμα η τροφοδοσία του να κρίνεται άκρως συμφέρουσα σε σχέση με τα κέρδη που αποφέρει, όπως λόγου χάρη από τα έσοδα από τον τουρισμό. Πέρα από αυτό όμως, αρχικά προκρίθηκε σαν η μόνη λύση για φτηνές μεταφορές, από την στιγμή που η περιοχή πλήττεται συχνά από τυφώνες.

Σε κάποιες δευτερεύουσες γραμμές της Νέας Υόρκης, παλιότερα κυκλοφορούσαν τραμ με χρήση μπαταριών μεγάλης χωρητικότητας, με την πιο αυτόνομη γραμμή να βρίσκεται κατά την διάρκεια της δεκαετίας του 1950 στην διαδρομή Μιλάνο-Μπέργκαμο της Ιταλίας.

Το Παρίσι και κάποιες άλλες κυρίως γαλλικές πόλεις διέθεταν στα τέλη του 19^{ου} αιώνα και αρχές του 20^{ου} τραμ τα οποία κινούνταν με συμπιεσμένο αέρα, χρησιμοποιώντας το σύστημα Μεκάρσκι.

Σύμφωνα με αυτό το σύστημα, ο αέρας εκτονωνόταν σε ένα πιστόνι και μετά εξατμιζόταν. Εν συνεχεία, ο αέρας επαναθερμαινόταν όταν άφηνε την δεξαμενή αποθήκευσής του και πριν μπει στην μηχανή. Ύστερα, θέρμαινε μία δεξαμενή με

ήδη ζεστό νερό, με αποτέλεσμα το τελευταίο να εξατμίζεται και να βελτιώνεται η απόδοση της μηχανής. Θερμαίνοντας λοιπόν τον αέρα με ατμό, ο Μεκάρσκι αντιπαρήλθε το πρόβλημα της δημιουργίας πάγου στους κυλίνδρους της μηχανής,, ο οποίος δημιουργείται από την ψύξη του αέρα καθώς αυτός εκτονώνεται. Όπως μπορούμε εύκολα να φανταστούμε, το σύστημα αυτό δεν παράγαγε καπνό ή φλόγες, με αποτέλεσμα να θεωρείται ιδανικό για μια πόλη. Το μειονέκτημα του όμως ήταν ότι χρειαζόταν τα τετραπλάσια καύσιμα από ένα ατμοτράμ. Έτσι, παραγκωνίστηκε σχετικά σύντομα και η χρήση του έπαυσε τελείως με την είσοδο στο προσκήνιο των ηλεκτροκίνητων τραμ.

Στις μέρες μας γίνονται πολλές ερευνητικές προσπάθειες για οικονομικότερα και πιο αποτελεσματικά μέσα μεταφοράς. Στα πλαίσια αυτά λοιπόν, ανακοινώθηκε η θέση σε λειτουργία ενός πρωτοποριακού συστήματος τραμ στην Σεούλ της Νοτίου Κορέας, το οποίο ονομάζεται OLEV (On Line Electric Vehicle) .

Αυτό που γίνεται ουσιαστικά είναι ότι το όχημα λαμβάνει ηλεκτρική ενέργεια από υπόγεια καλώδια μέσω μιας μεθόδου φόρτισης μέσω μαγνητικών πεδίων, κάτι που αυτομάτως σημαίνει ότι όχημα και καλώδιο δεν χρειάζονται να είναι σε επαφή. Όσο το όχημα παραμένει λοιπόν πάνω από έναν δρόμο που έχει κατάλληλο υπόγειο ρευματοφόρο καλώδιο δέχεται συνεχώς ηλεκτρική ενέργεια, είτε είναι σε στάση είτε σε κίνηση, με αποτέλεσμα να μειώνεται η ανάγκη αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας στο 1/5 των απαιτήσεων των σημερινών ηλεκτροκίνητων οχημάτων. Όπως καταλαβαίνουμε επομένως, δεν υπάρχει και η ανάγκη για την δημιουργία σταθμών φόρτισης των οχημάτων. Σύμφωνα με το Κορεατικό Ινστιτούτο Έρευνας και Τεχνολογίας που ανέπτυξε αυτήν την μέθοδο, το σύστημα αυτό θα εφαρμοστεί πολύ σύντομα στους δρόμους της Σεούλ, προσφέροντας άλλη μία πολύ καλή οικολογική εναλλακτική επιλογή στον τρόπο μετακίνησης πληθυσμού εντός πόλης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΤΡΑΜ ΑΘΗΝΩΝ

3.1 Εισαγωγή

Τεχνικές προδιαγραφές είναι οι τεχνικές απαιτήσεις που καθορίζουν τα ελάχιστα αναγκαία χαρακτηριστικά του υλικού που απαιτούνται, προκειμένου αυτό να προσδιορισθεί αντικειμενικά με τρόπο που να ανταποκρίνεται στη χρήση, για την οποία προορίζεται, από τον φορέα. Οι τεχνικές αυτές απαιτήσεις πρέπει να περιλαμβάνουν, ιδίως, τα επίπεδα ποιότητας ή απόδοσης, τα επίπεδα ασφάλειας, τις διαστάσεις καθώς και τις λοιπές απαιτήσεις που ισχύουν για το υλικό ή το προϊόν όσον αφορά την ποιότητα, την ορολογία, τις δοκιμές και μεθόδους δοκιμών, τη συσκευασία, τη σήμανση.

Οι Τεχνικές προδιαγραφές πρέπει να συμμορφώνονται προς τα ευρωπαϊκά πρότυπα, εφόσον υπάρχουν. Ως Ευρωπαϊκό πρότυπο θεωρείται το πρότυπο που έχει εγκριθεί από ευρωπαϊκό οργανισμό τυποποίησης, όπως είναι η Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης (CEN) ή η Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης Ηλεκτροτεχνικών Προϊόντων (CENELEC) ή Έγγραφο Εναρμόνισης (HD), σύμφωνα με τους κοινούς κανόνες των εν λόγω οργανισμών.

Το συνολικό έργο του Τραμ της Αθήνας είναι κατά μία έννοια «παιδί της εποχής του». Ενσωματώνει όλες τις σύγχρονες τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί κατά τον 20^ο και 21^ο αιώνα, μέχρι την εποχή της κατασκευής του. Κοινή συνισταμένη όλων αυτών των καινοτομιών που εισήχθησαν στην σχεδίαση και λειτουργία του Τραμ Αθηνών, είναι η ασφάλεια των επιβατών, η όσο το δυνατόν καλύτερη εξυπηρέτησή τους, καθώς και η αρτιότητα των μέσων που χρησιμοποιούνται. Η τελευταία έχει σαν φυσικό επακόλουθο την εξοικονόμηση ενέργειας, γεγονός που καθίσταται στις μέρες μας μείζονος σημασίας, καθώς και η ελαχιστοποίηση του κόστους συντήρησης, μέσω χρήσης τεχνολογικών καινοτομιών που επιτρέπουν την όσο το δυνατόν πιο απρόσκοπτη λειτουργία αυτού του τόσο σημαντικού, για τον πολεοδομικό ιστό, μέσου.

Όπως καταλαβαίνουμε λοιπόν, οι τεχνικές προδιαγραφές που λήφθηκαν υπόψη στην υλοποίηση του έργου είναι εκείνες που συμπεριλαμβάνουν τις έννοιες που αναφέρθηκαν παραπάνω, σε συνδυασμό με τις ιδιαιτερότητες της πόλεως των Αθηνών. Αυτές περιλαμβάνουν τις τρεις βασικές συνιστώσες που αποτελούν μία ολοκληρωμένη υποδομή τραμ, και οι οποίες είναι το όχημα, ο υποσταθμός έλξης και η χάραξη του δικτύου. Στο υπόλοιπο αυτού του κεφαλαίου, θα γίνει μία γενική αναφορά στα χαρακτηριστικά λειτουργίας του κάθε κομματιού, χωρίς να γίνει πλήρης ανάλυση, καθώς αυτή θα γίνει στα κεφάλαια που ακολουθούν.

3.2 Όχημα Τραμ

Τα οχήματα του αθηναϊκού τραμ σχεδιάστηκαν από την εταιρία AnsladoBreda σε συνεργασία με το διάσημο σχεδιαστή οχημάτων της Ferrari, Sergio Pininfarina, ενός εκ των κορυφαίων σχεδιαστών πολυτελών οχημάτων στη σύγχρονη ιστορία της αυτοκίνησης.

Ο τύπος των οχημάτων ονομάζεται SIRIO, ένα σχέδιο που χρονολογείται από τα τέλη του 1997, ως αποτέλεσμα της απόφασης των ιταλικών εταιριών ANSALDO TRASPORTI και της BRED A COSTRUZIONI FERROVIARIE να αναπτύξουν ένα πρότυπο προϊόντος, ώστε να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις ενός σύγχρονου, οικονομικού τροχιοδρομικού οχήματος.

Κατά το σχεδιασμό των οχημάτων, ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε:

- στα γενικά αισθητικά χαρακτηριστικά
- στη λειτουργικότητα, την άνεση, την ποιότητα και την εργονομία
- στην ορατότητα και την άνεση οδήγησης της καμπίνας του οδηγού
- στη δομοστοιχείωση του σχεδιασμού και της ανάπτυξης

Το σύγχρονο τραμ της Αθήνας είναι ένα αρθρωτό όχημα αμφίδρομης κατεύθυνσης και έχει τη δυνατότητα ζεύξης δύο οχημάτων σε λειτουργία συρμού. Το εύρος της σιδηροτροχιάς είναι 1435 mm (κανονική), με τάση ρευματοληψίας 750Vdc (-33% +20%) και μέγιστη ταχύτητα 70km/h με σύγχρονους ηλεκτρικούς κινητήρες 4 x 106 KW.

Το μήκος του οχήματος είναι 31,9 μέτρα, ενώ με τους ζευκτήρες είναι 32,31 μέτρα

και το πλάτος είναι 2,4 μέτρα. Το ύψος του δαπέδου στο χώρο επιβατών είναι μόλις 350 mm, έτσι ώστε να είναι εφικτή η επιβίβαση των επιβατών χωρίς την ύπαρξη πλατφόρμας.

Η μεταφορική του ικανότητα είναι 56 καθήμενοι επιβάτες, συμπεριλαμβανομένων των ειδικά διαμορφωμένων θέσεων για τα άτομα με ειδικές ανάγκες και πάνω από 200 όρθιοι επιβάτες.

Παρέχει θέρμανση, εξαερισμό, κλιματισμό, τόσο στο χώρο των επιβατών, όσο και στις καμπίνες των οδηγών, τα οποία ρυθμίζονται εποχιακά.

Σήμερα διατίθενται 35 τραμ. Ο αριθμός των οχημάτων που εξυπηρετούν τις διάφορες γραμμές (Πλάτων, Αριστοτέλης, Θουκυδίδης) διαφέρουν ανάλογα με τις ημέρες, τις ώρες και τις εποχές.

Στο όχημα έχει εγκατασταθεί σύστημα οπτικών και ηχητικών αναγγελιών για την πληροφόρηση των επιβατών, καθώς και οθόνες ενημέρωσης / διαφήμισης πολυμέσων.

3.3 Υποσταθμός Έλξης

Οι Υ/Σ έλξης παρέχουν την απαραίτητη ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο Τραμ, έτσι ώστε τα οχήματα να κινούνται ασφαλώς και αξιόπιστα κάτω από οποιοσδήποτε συνθήκες. Πιο συγκεκριμένα, ο ρόλος τους είναι να μετατρέπουν την AC 20 kV σε AC 635 V, εν συνεχεία αυτή να μετατρέπεται σε DC 750 V, να παροχετεύεται στο δίκτυο μέσω εναέριων αγωγών, να τροφοδοτείται στα οχήματα και να επιστρέφει μέσω των σιδηροτροχιών και των καλωδίων επιστροφής πίσω στον Υποσταθμό.

Η εγκατεστημένη ισχύς που υπάρχει αυτήν της στιγμή είναι της τάξης των 30 MVA και καλύπτει τόσο ανάγκες κίνησης των οχημάτων, όσο και γενικότερη εμπορική χρήση, όπως η κάλυψη του φωτισμού στο αμαξοστάσιο του Ελληνικού.

Μία τυπική δομή ενός υποσταθμού έλξης είναι η ακόλουθη:

- Ηλεκτρικός πίνακας μέσης τάσης
- Μετασχηματιστής ανορθωτή AC 20 kV/ AC 635 V

- Ανορθωτής AC 635 V/DC 750 V
- Ηλεκτρικός πίνακας DC 750 V
- Πίνακας χαμηλής τάσης για εξυπηρέτηση εσωτερικών φορτίων του σταθμού.
- Συσσωρευτές 110 V DC
- Σύστημα αδιάλειπτης τροφοδοσίας UPS
- Σύστημα επεξεργασίας δεδομένων (SCADA)

Η μελέτη τώρα για την σύνταξη προδιαγραφών για την κατασκευή ενός Υ/Σ είναι μία πολύπλοκη διαδικασία, καθώς απαιτεί την συμμετοχή πολλών συνιστωσών για την υλοποίησή της, καθώς και την εναρμόνιση διαφορετικών προτύπων, που αφορούν αυτές τις συνιστώσες. Η προτυποποίηση που ακολουθείται στην συγκεκριμένη περίπτωση περιλαμβάνει τους οργανισμούς CENELEC, ISO, BOStrab, IEC, UIC, ΔΕΗ και ΕΛΟΤ.

Το δίκτυο έχει σχεδιαστεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να παρέχεται αδιάλειπτα ισχύς, ακόμα και αν τεθούν εκτός λειτουργίας ορισμένοι Υ/Σ, οι οποίοι έχουν διαστασιολογηθεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να καλύπτονται οι απαιτήσεις κατασκευής, λειτουργίας και οικονομίας. Στα σημεία δε όπου το τραμ οδεύει παραθαλάσσια, έχουμε την εφαρμογή ενισχυμένων υλικών, όπως καλωδίων ανθεκτικών στην υγρασία και στο θαλασσινό αλάτι, ενώ για τις επιλογές των διαμέτρων των καλωδίων και των συνθηκών λειτουργίας του συστήματος, έχουν ληφθεί υπόψη τυπικές τιμές του κλίματος της Αθήνας, και οι οποίες είναι οι ακόλουθες:

- Διακύμανση θερμοκρασίας περιβάλλοντος: -2° -42° C
- Μέση ετήσια θερμοκρασία περιβάλλοντος: 18.7° C
- Μέση ετήσια σχετική υγρασία: 62.9%
- Τοπογραφικό υψόμετρο: 0-200m
- Ύψος βροχόπτωσης: 90.3 mm
- Συνολικό μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης: 27.2 mm
- Μέγιστη ταχύτητα ανέμου: 24,2 m/s
- Μόλυνση περιβάλλοντος: Ισχυρή

Τα κτίρια των Υ/Σ λαμβάνουν φυσικά υπόψη τα ισχύοντα κτιριακά πρότυπα, ως προς την στατικότητα, πυροπροστασία, κλπ, ενώ συμμορφώνονται και ως προς τις τοπικές ανάγκες, όπως για παράδειγμα απαιτήσεις για υπογειοποίηση δικτύου. Ειδικά, και λόγω της φύσης των εγκαταστάσεων, ιδιαίτερη μέριμνα λαμβάνεται για την σωστή γείωση των κτιρίων. Κάθε κτίριο περιλαμβάνει περιμετρική λάμα γείωσης, αγωγό θεμελιακής γείωσης, μπάρα ισοδυναμικής προστασίας, ηλεκτρόδια και τρίγωνα γείωσης.

Όσον αφορά τώρα τις προδιαγραφές του κάθε τμήματος που αποτελεί τον Υ/Σ έλξης, αυτές είναι οι ακόλουθες:

Πίνακας Μέσης Τάσης

Περιγραφή: Αποτελείται από 3 πεδία: εισόδου, μέτρησης, εξόδου. Αποτελεί το πρώτο τμήμα εξοπλισμού μετά τον τερματισμό της παροχής της ΔΕΗ και πριν τον Μ/Σ Ανορθωτή Έλξης.

Το πεδίο εισόδου χρησιμοποιείται για την είσοδο της γραμμής παροχής από την ΔΕΗ και γι' αυτό εξοπλίζεται με έναν τριπολικό αποζεύκτη – διακόπτη φορτίου τριών θέσεων (OPEN, CLOSED, EARTH).

Το πεδίο μέτρησης εξοπλίζεται με μετασχηματιστές τάσης και έντασης, που υποβιβάζουν τις τιμές της παροχής 20 KV σε τιμές μετρήσιμες από την μετρητική συσκευή (η συσκευή έχει δυνατότητα πολλαπλών μετρήσεων τιμών παροχής με μνήμη γεγονότων)

Το πεδίο εξόδου (από 1 μέχρι 3 ανάλογα τον Υ/Σ) τροφοδοτεί και προστατεύει τον Μ/Σ (από 1 μέχρι 3). Αυτό επιτυγχάνεται με τον εξοπλισμό του πεδίου με έναν τριπολικό διακόπτη ισχύος κενού μονωμένο σε αέριο εξαφθοριούχο θείο (SF6) με ηλεκτρικό χειρισμό και μηχανικό - χειροκίνητο μηχανισμό ελατηρίου και έναν τριπολικό αποζεύκτη – διακόπτη φορτίου τριών θέσεων (OPEN, CLOSED, EARTH). Οι δύο αυτοί διακόπτες αλληλασφαλίζονται μεταξύ τους.

Ενδείξεις & Προστασίες: Στο πεδίο εισόδου υπάρχει πυκνωτικό σύστημα ανίχνευσης τάσης 20 KV και απαγωγέας υπερτάσεων. Στο πεδίο εξόδου υπάρχει παρόμοιο πυκνωτικό σύστημα ανίχνευσης τάσης 20 KV και μετασχηματιστής έντασης, που χρησιμοποιείται για την μέτρηση της έντασης του ρεύματος στα καλώδια εξόδου. Η τιμή αυτής της έντασης καθώς και η τιμή της τάσης από το πεδίο μέτρησης χρησιμοποιούνται από τον ψηφιακό ηλεκτρονόμο προστασίας,

που ελέγχει τον διακόπτη ισχύος. Παραδείγματα προστασιών, που παρέχει ο ηλεκτρονόμος είναι τα εξής:

- Προστασία από βραχυκύκλωμα
- Προστασία από διαρροή ουδετέρου
- Προστασία έναντι αυξομείωσης έντασης (ορισμένου και αορίστου χρόνου)
- Προστασία έναντι αυξομείωσης συχνότητας
- Μέτρηση ρευμάτων και τάσεων λειτουργίας καθώς και μεγίστων, ελαχίστων τιμών

ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Ονομαστική Τάση Λειτουργίας	24 kV
Ονομαστικό Ρεύμα Λειτουργία	630 A
Ένταση ρεύματος διακοπής βραχυκυκλώσης	20 kA για 3 sec
Χρόνος διακοπής επαφών	<65 ms
Χρόνος σβέσης τόξου (στους πόλους)	<15 ms

ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΦΟΡΤΙΟΥ

Ονομαστική Τάση Λειτουργίας	24 kV
Ονομαστικό	
Ρεύμα Λειτουργίας	630 A
Ένταση ρεύματος διακοπής βραχυκυκλώσης	20 kA για 3 sec

Μετασηματιστής

Περιγραφή: Ο τριφασικός μετασηματιστής έλξης εποξικής ρητίνης (cast-resin) έχει 1 πρωτεύον και 2 δευτερεύοντα τυλίγματα, ώστε εν συνεχεία να καταστεί δυνατή η ανόρθωση 12 παλμών. Έχουν εγκατασταθεί δύο τύποι μετασηματιστή (με βάση την ισχύ τους) ανάλογα με τις ανάγκες κάθε Υ/Σ Έλξεως. Ο μετασηματιστής υποβιβάζει την τάση εισόδου 20 kV σε 635 V (τάση λειτουργίας ανορθωτή) και ψύχεται με φυσική κυκλοφορία αέρα.

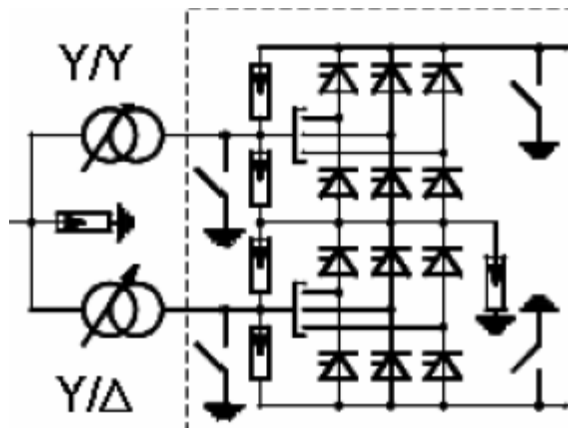
Ενδείξεις & Προστασίες: Στα τυλίγματα και τον πυρήνα ενσωματώνονται αισθητήρες μέτρησης της θερμοκρασίας, οι οποίοι παρακολουθούνται από ηλεκτρονόμο προστασίας, που δίνει τις κατάλληλες εντολές στον διακόπτη ισχύος (στο πεδίο εξόδου του πίνακα μέσης τάσης) σε περίπτωση υπερθέρμανσης. Οι ενδείξεις των αισθητήρων είναι διαθέσιμες και στον ειδικά διαμορφωμένο βοηθητικό πίνακα προστασίας του μετασχηματιστή

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ

Φαινόμενη Ισχύς	1.250 KVA
Δευτερεύοντος 1	625 KVA
Δευτερεύοντος 2	625 KVA
Ονομαστικές Τάσεις Λειτουργίας	20 kV / 0,635 kV
Διανυσματικό Πεδίο	Dy5 + Dd0
Συχνότητα Λειτουργίας	50 Hz
Τάση βραχυκυκλώσης	8%
Απώλειες κενού	2,7 kW
Απώλειες φορτίου	8,7 kW
Ικανότητα υπερφόρτωσης	300% για 1 λεπτό 150% για 2 ώρες
Βάρος	~ 4.000 Kg

Ανορθωτής 12 παλμών

Περιγραφή: Ο ανορθωτής λαμβάνει το ΕΡ εξόδου του μετασχηματιστή (635 V) και το μετατρέπει σε ΣΡ τάσης 750 V εκτελώντας πλήρη ανόρθωση 12 παλμών. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται 12 δίοδοι συνδεδεμένες σε 2 6- φασικές γέφυρες, που ψύχονται με φυσική κυκλοφορία αέρα.



Εικόνα 3-1: 12-παλμικός Ανορθωτής

Ενδείξεις & Προστασίες: Κάθε δίοδος προστατεύεται από τηκτική ασφάλεια. Η ασφάλεια προστατεύει τον ανορθωτή σε περίπτωση, που εμφανιστεί εσωτερικό βραχυκύκλωμα (απώλεια ικανότητας αποκλεισμού) με την μορφή ανάστροφου ρεύματος σε κάποια δίοδο. Για την προστασία έναντι εξωτερικών βραχυκυκλωμάτων χρησιμοποιείται θερμικός ηλεκτρονόμος σε συνδυασμό με ηλεκτρονόμο χρόνου υπερέντασης, και ηλεκτρονόμο στιγμιαίας υπερέντασης. Η υπέρταση των μεταγωγών, που προκαλείται λόγω του φαινομένου της αποθήκευσης φορέων εμποδίζεται μέσω της παράλληλης σύνδεσης αντιστατών και πυκνωτών με δίοδους αποτρέποντας με αυτόν τον τρόπο μη επιτρεπόμενη υψηλή τάση πίεσης των διοδίων στην διεύθυνση αποκλεισμού. Για απόσβεση των εξάρσεων του εναλλασσόμενου και συνεχούς ρεύματος, που είναι πιθανόν να προκληθούν από λειτουργίες μεταγωγής ή ατμοσφαιρικές διαταραχές στο ΣΑΑ, τοποθετείται ένα κύκλωμα RC καταστολής των εξάρσεων στην έξοδο του συνεχούς ρεύματος της μονάδας του ανορθωτή.

ΑΝΟΡΘΩΤΗΣ 12 ΠΑΛΜΩΝ

Ονομαστική Ένταση Λειτουργίας	1,500 A
Ονομαστική Τάση Εισόδου	635 V
Ονομαστική Τάση Εξόδου (Μέγιστη)	750 (825) V
Ικανότητα υπερφόρτωσης	300% για 1 λεπτό 150% για 2 ώρες

Πίνακας Σ.Ρ. 750 V

Περιγραφή: Αποτελείται από 3 πεδία: εισόδου ανορθωτή, τροφοδότησης εναερίου δικτύου, επιστροφής.

Το πεδίο εισόδου ανορθωτή χρησιμοποιείται για την σύνδεση της εξόδου του ανορθωτή στους ζυγούς τροφοδοσίας του πίνακα. Η σύνδεση επιτυγχάνεται μέσω ενός συρόμενου μονοπολικού διακόπτη ισχύος υψηλής ταχύτητας διακοπής και ενός ψηφιακού ηλεκτρονόμου προστασίας του ανορθωτή.

Το πεδίο τροφοδότησης εναερίου δικτύου τροφοδοτεί με ισχύ το εναέριο δίκτυο μέσω των τροφοδοτικών καλωδίων, που αναχωρούν από κάθε Υ/Σ Έλξεως. Σε κάθε γραμμή τροφοδότησης παρεμβάλλεται ένας συρόμενος μονοπολικός διακόπτης ισχύος υψηλής ταχύτητας διακοπής και ψηφιακός ηλεκτρονόμος προστασίας της γραμμής.

Το πεδίο επιστροφής χρησιμοποιείται για την σύνδεση των καλωδίων επιστροφής από τις σιδηροτροχιές στον ανορθωτή μέσω χειροκίνητων μονοπολικών αποζευκτών. Για κάθε γραμμή τροφοδότησης εναερίου δικτύου αντιστοιχεί 1 διακόπτης φορτίου. Στο πεδίο εντοπίζονται επίσης ηλεκτρονόμος προστασίας (voltage relay), που ελέγχει την τάση του αρνητικού πόλου (του δυναμικού της σιδηροτροχιάς δηλαδή) ως προς γη και ένας contactor, που συνδέει τις σιδηροτροχιές με την γη όταν το δυναμικό υπερβεί τα επιτρεπτά όρια.

Ενδείξεις & Προστασίες: Οι τιμές της τάσης και της έντασης του ρεύματος μετρούνται από βολτόμετρο και αμπερόμετρο αντίστοιχα, οι ενδείξεις των οποίων βρίσκονται στην πρόσοψη κάθε πεδίου. Οι διακόπτες ισχύος υψηλής ταχύτητας διακοπής είναι σε μορφή φορείου, που δύναται να συρθεί εκτός του πεδίου αφού αρθούν πρώτα οι μηχανικές και ηλεκτρικές αλληλασφασίσεις. Αλληλομανδάλωση υπάρχει και μεταξύ των διακοπών ισχύος των πεδίων εισόδου ανορθωτή και των αποζευκτών του πεδίου επιστροφής. Οι διακόπτες ισχύος ανοίγουν αυτόματα σε περίπτωση απώλειας του βοηθητικού ρεύματος 110V DC, που χρησιμοποιείται για την λειτουργία των κυκλωμάτων προστασίας του πίνακα και των κυκλωμάτων χειρισμού των διακοπών. Ο ηλεκτρονόμος προστασίας του πεδίου εισόδου ανορθωτή προστατεύει τον ανορθωτή, όπως περιγράφεται σε παραπάνω παράγραφο (βλ. ανορθωτής 12 παλμών). Ο ηλεκτρονόμος προστασίας του πεδίου τροφοδότησης του εναερίου δικτύου εκτελεί διαφορετικές προστασίες,

καθώς εκτελεί δοκιμές της εναέριας γραμμής για την ανίχνευση απομακρυσμένων σφαλμάτων ή την ύπαρξη υπερτάσεων. Επίσης πριν την ενεργοποίηση του διακόπτη ισχύος μετριέται η αντίσταση της εναέριας γραμμής για όλο το εύρος των πιθανών τιμών τάσης για την επιβεβαίωση της καταλληλότητάς της να τροφοδοτηθεί.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ

Ονομαστική Τάση Λειτουργίας	750 V
Ονομαστική Ένταση Λειτουργίας	4.000 A

ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

Ονομαστική Ένταση Λειτουργίας	4.000 A
Ονομαστική Τάση Λειτουργίας	1.000 V

ΑΠΟΖΕΥΚΤΗΣ ΑΡΝΗΤΙΚΟΥ ΖΥΓΟΥ

Ονομαστική Ένταση Λειτουργίας	4.000 A
Ονομαστική Τάση Λειτουργίας	2.000 V
Ένταση ρεύματος βραχυκύκλωσης	50 kA

Βοηθητικός Πίνακας Χαμηλής Τάσης 400 V / 230 V AC και 110 V DC)

Περιγραφή: Τα δύο αυτά βοηθητικά κυκλώματα παρέχουν ενέργεια για την λειτουργία όλων των υποσυστημάτων ενός Υ/Σ Έλξης. Η τριφασική παροχή των 400 V χρησιμοποιείται για την λειτουργία του συστήματος κλιματισμού / αερισμού, των κυκλωμάτων φωτισμού / ρευματοδοτών και του ανορθωτή 110 V. Με την βοήθεια κατάλληλου ανορθωτή το EP 400 V μετατρέπεται σε ΣΡ 110 V και τροφοδοτεί τα κυκλώματα χειρισμών στο εσωτερικό των πινάκων μέσης και χαμηλής τάσης, στον πίνακα προστασίας μετασχηματιστή, τα κυκλώματα ενδείξεων των πινάκων καθώς και τα κυκλώματα του συστήματος

SCADA. Για μεγαλύτερη αξιοπιστία της βοηθητικής παροχής ΣΡ συνδέεται παράλληλα και ένα σύστημα αδιάλειπτης τροφοδοσίας (UPS) 110 V.

Ενδείξεις & Προστασίες: Οι ενδείξεις τάσεως και ρεύματος παρέχονται στην πρόσοψη του πίνακα μέσω οργάνων μέτρησης καθώς και ενδεικτικών λυχνιών κατάστασης. Κάθε αναχώρηση γραμμής από τον πίνακα βοηθητικών κυκλωμάτων προστατεύεται από αυτόματους διακόπτες ισχύος (MCB) διαστασιολογημένων σε αναλογία με τα φορτία της γραμμής. Οι διακόπτες ισχύος λειτουργούν ανάλογα με τις εντολές που παίρνουν από ηλεκτρονόμους προστασίας στην εκάστοτε γραμμή.

<u>ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ</u>	250 A / 400 V / 25 kA
<u>ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΕΞΟΔΟΥ</u> (3 φάσεις)	20-80 A / 400 V (1 φάση) 16 - 25 A / 400 V
<u>ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ</u> (πίνακας DC)	32 A / 230 V DC
<u>ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΕΞΟΔΟΥ</u> (1 φάση)	10 A και 16 A / 230 V DC

Συστοιχία Συσσωρευτών 110 V και Σύστημα Αδιάλειπτης Παροχής Τάσης (UPS)

Περιγραφή: Και τα δύο αυτά συστήματα παρέχουν ΣΡ 110 V στον πίνακα βοηθητικών κυκλωμάτων και χρησιμεύουν σε περίπτωση μη λειτουργίας του ανορθωτή 110 V.

Τεχνικά Στοιχεία:

ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ 110 V

Ικανότητα Ενέργειας	65 AH ($U_{float} = 12V / cell$ στους $20^{\circ}C$)
Ονομαστική Τάση Στοιχείου	12V \pm 1%
Τύπος Ενεργών Πλακών	99,9% Pb, 1%Ca χωρίς αντιμόνιο
Τύπος Ηλεκτρολύτη	Acid, πυκνότητα 1,28Kg/l

ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΔΙΑΛΕΙΠΤΗΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ (UPS)

Τάση εισόδου	220 V – 20% +15% AC, 50 Hz
Τάση εξόδου	220 V -5% +5% DC
Υπερφόρτιση	200%, 20ms

Αυτονομία (φορτίο 100%)	8 λεπτά
Χρόνος φόρτισης	10 ώρες

Σύστημα Ελέγχου και Λήψης Δεδομένων (ΣΕΛΔ), SCADA

Περιγραφή: Το σύστημα SCADA επιτρέπει τον έλεγχο και χειρισμό των εγκαταστάσεων στους Υ/Σ Έλξης σε πραγματικό χρόνο. Αποτελείται από επιτόπου κεντρικές μονάδες ανά Υ/Σ Έλξης, οι οποίες συγκεντρώνουν τα μετρούμενα μεγέθη και τις ενδείξεις κατάστασης του εξοπλισμού και τα προωθούν προς την κεντρική μονάδα του Κέντρου Ελέγχου μέσω ενσύρματου μητροπολιτικού δικτύου⁵. Αντίστροφη πορεία διαγράφεται για τις εντολές προς του ηλεκτρονόμους ή τον υπόλοιπο εξοπλισμό των Υ/Σ Έλξης. Συνοπτικά, οι λειτουργίες του συστήματος SCADA συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- ο Δυνατότητα χειρισμών και ενδείξεις θέσεως όλων των διακοπών ισχύος 20 KV AC και 750 V DC, καθώς και όλων των ηλεκτροκίνητων αποζευκτών που συνδέουν τους τροφοδότες με την εναέρια γραμμή

- ο Ενδείξεις τιμών τάσης 20 KV AC, 400 V AC, 750 V DC, UPS, 110 V DC, βοηθητικού πίνακα και συσσωρευτών

- ο Ενδείξεις τιμών έντασης εισόδου Μ/Σ, τροφοδοτών εναέριας γραμμής

- ο Ενδείξεις ενεργού και άεργου ισχύος πινάκων ΜΤ

- ο Ενδείξεις λειτουργίας ηλεκτρονόμων προστασίας σε όλους τους πίνακες και ηχητικές ενδείξεις σφαλμάτων διακοπών ισχύος, υπερθέρμανσης Μ/Σ, συστήματος πυροπροστασίας, συστήματος αερισμού.

3.4 Χάραξη σιδηροτροχιών

Προκειμένου να εξασφαλιστεί συνέχεια στο δίκτυο του Τραμ, απαιτείται η τήρηση κοινών προδιαγραφών κατασκευής και λειτουργίας σε όλο το μήκος του δικτύου.

Κατά

συνέπεια κρίνεται αναγκαία η προσαρμογή των προτάσεων για την κατασκευή νέων

γραμμών στο δίκτυο του Τραμ της Αθήνας στις τεχνικές προδιαγραφές που

εφαρμόστηκαν στην Γενική Οριστική Μελέτη του υπό κατασκευή τροχιόδρομου.

Οι προδιαγραφές αυτές αφορούν στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των χαράξεων, όπως προκύπτουν από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του οχήματος και τους κανόνες ασφαλείας. Πρόκειται δηλαδή για τεχνικούς περιορισμούς σχετικά με τις διατομές κατά μήκος των γραμμών, τις μηκοτομές, τα χαρακτηριστικά των στάσεων, τις αποστάσεις μεταξύ των στάσεων, τις ελάχιστες ακτίνες στροφής, τα ελάχιστα μήκη μεταξύ δύο διαδοχικών αντίρροπων στροφών, κτλ.

Δεδομένης της κατάστασης του οδικού δικτύου στο Λεκανοπέδιο, με τους στενούς δρόμους, τα στενά πεζοδρόμια, την έλλειψη μεγάλου μήκους αξόνων, τις μεγάλες κλίσεις, σε πολλές περιπτώσεις οι τεχνικές προδιαγραφές απέκλεισαν συγκεκριμένες χαράξεις, όπου κρίθηκε ανέφικτη η διέλευση του Τραμ για λόγους που σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου.

Η ένταξη του Τραμ στο οδικό δίκτυο εξαρτάται από πολλές συνιστώσες, λειτουργικές και γεωμετρικές. Για τον τύπο οχήματος που προβλέπεται για το Τραμ της Αθήνας, Sirio Athens, οι συνιστώσες είναι:

- Η κατά μήκος κλίση της οδού που δεν πρέπει να ξεπερνά το 6%, και εξαρτάται από τη συνολική ισχύ των κινητήρων έλξης του οχήματος- και το μήκος του υπό κλίση τμήματος.
- Οι ακτίνες καμπυλότητας στην οριζοντιογραφία, το ποσοστό μήκους των καμπύλων τμημάτων στο σύνολο του μήκους και η ελάχιστη παρατηρούμενη ακτίνα καμπυλότητας. Η ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας καθορίζεται ανάλογα με τον τύπο του οχήματος. Για το συγκεκριμένο όχημα, που προβλέπεται για την Αθήνα, η απόλυτη ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας είναι 25μ.
- Το ελάχιστο εύρος κατάληψης για τη διέλευση διπλής γραμμής Τραμ είναι 7 μέτρα εάν η κίνηση του Τραμ είναι ομόρροπη με αυτή των ΙΧ, ενώ προσαυξάνεται κατά 1/ 1,5 μέτρο ανά κατεύθυνση στην περίπτωση αντίρροπης κίνησης του Τραμ με τα ΙΧ.

Σε μια αναλυτική περιγραφή τυπικής διατομής ελάχιστου εύρους

κατάληψης του Τραμ – με συνολικό πλάτος διατομής 7.00 μ.-, προκύπτει ότι η διατομή του Τραμ είναι μία διπλή σιδηροδρομική διατομή με πλάτος μεταξύ των σιδηροτροχιών 1.435 μ., ενώ οι άξονες μεταξύ τους στο σύνολο της χάραξης απέχουν 3.60 μ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΟΧΗΜΑΤΟΣ

4.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό, θα κάνουμε αναφορά στα ηλεκτρομηχανολογικά στοιχεία του οχήματος SIRIO Athens, κατασκευής των εταιρειών ANSALDO TRASPORTI και BREDA COSTRUZIONI FERROVIARIE, το οποίο είναι αυτό που χρησιμοποιείται από το Τραμ Αθηνών.

Πιο συγκεκριμένα, θα γίνει αναφορά στα συστατικά μέρη που απαρτίζουν το όχημα, καθώς και στην αρχή λειτουργίας που αυτά ακολουθούν. Κάποια από τα στοιχεία έχουν αναφερθεί και στο προηγούμενο κεφάλαιο, εδώ όμως θα γίνει εκτενέστερη ανάλυση, ώστε να καταστεί σαφής ο τρόπος χειρισμού αυτών των οχημάτων.

Τα αναφερόμενα σε αυτό το κεφάλαιο αφορούν μόνο το κομμάτι του οχήματος. Όσα αφορούν την διασύνδεσή του με τα λοιπά μέρη που απαρτίζουν την εγκατάσταση τραμ (Υποσταθμοί έλξης-δίκτυο), θα αναφερθούν στα επόμενα οικεία κεφάλαια.

Επίσης, όπως είναι φυσιολογικό, το όχημα τραμ έχει πολλές συνιστώσες, που έχουν να κάνουν με την εργονομία, την αντοχή των μηχανικών υλικών, τον φωτισμό, κλπ. Εμείς θα ασχοληθούμε μόνο με το κομμάτι της ηλεκτρομηχανολογικής εγκατάστασης, με ότι αυτό περιλαμβάνει, από την οδήγηση του οχήματος, μέχρι την εγκατάσταση κλιματισμού, ενώ θέματα αντοχής και διασύνδεσης του μηχανολογικού μέρους καθαρά (μονώσεις, αντοχές υλικών, κλπ.), θα αγνοηθούν στην παρούσα ανάλυση.

4.2 Γενικά χαρακτηριστικά

Το όχημα έχει την εξής τυπολογία:

- **Καμπίνα οδηγού**

Το δάπεδο της καμπίνας των χειριστών είναι υπερυψωμένο (850 mm από το T.O.R.) ώστε να παρέχεται η βέλτιστη ορατότητα του δρόμου και υψηλότερη προστασία για τον οδηγό.

Ο χειριστής, καθήμενος, έχει τη δυνατότητα να βλέπει όλο το επίπεδο του δρόμου επισημαίνοντας έτσι τα εμπόδια κατά τη διαδρομή ή τυχόν επιβάτες που βρίσκονται σε επικίνδυνη θέση.

- **Μονάδες κίνησης**

Εκεί περιέχεται σχεδόν όλος ο εξοπλισμός των τεχνικών συστημάτων του οχήματος. Για αυτό, έχουν ένα σταθερό μήκος ίσο με 3,4 μέτρα.

- **Καμπίνες επιβατών**

Είναι εξ ολοκλήρου χαμηλού δαπέδου (350 mm από το επίπεδο της σιδηροτροχιάς - T.O.R.) στην περιοχή των επιβατών προκειμένου να διασφαλίζεται η εύκολη πρόσβαση και στους χρήστες αναπηρικών καθισμάτων για τους οποίους έχουν προβλεφθεί δύο ειδικές περιοχές

- **Αυτόματη ζεύξη**

Το όχημα μπορεί να εφοδιαστεί με έναν ηλεκτρικό ή μηχανικό ζεύκτη τηλεσκοπικού σχεδιασμού.

Τα οχήματα μπορούν να συνδεθούν μηχανικά με ζευκτικές που βρίσκονται και στα δύο άκρα καθώς και ηλεκτρικά με έναν συνδετήρα που διαθέτει τις απαιτούμενες διεπαφές για την καμπίνα επικεφαλής που διευθύνει τα συνδεδεμένα οχήματα.

Είναι δυνατό να συνδεθούν μέχρι και 4 οχήματα.

- **Λειτουργία διπλής κατεύθυνσης**

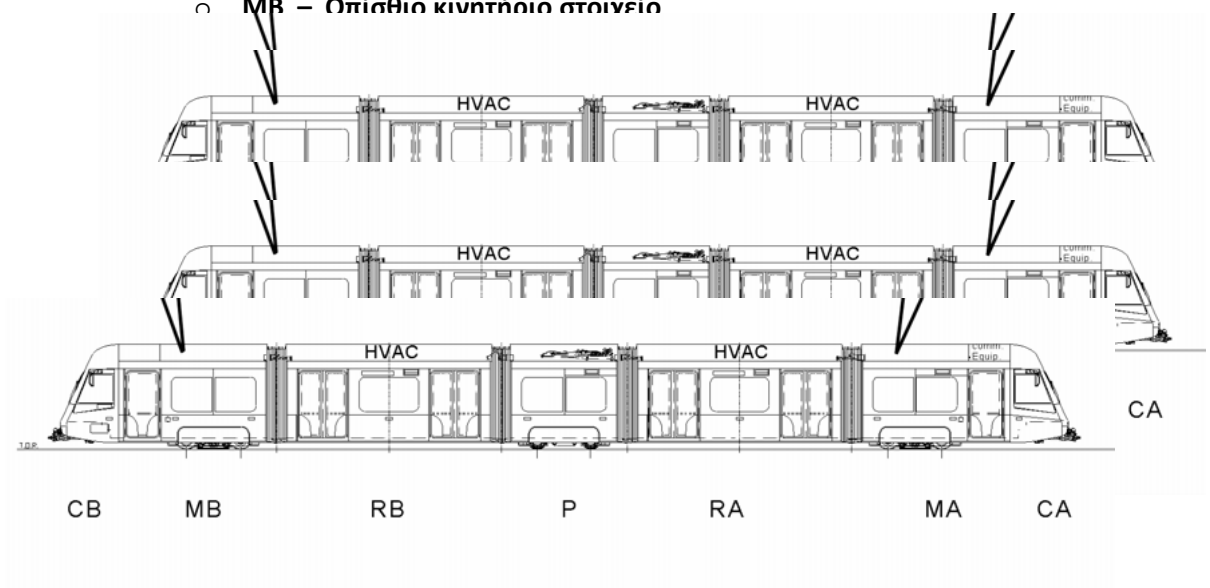
Το όχημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κίνηση δύο κατευθύνσεων, και έτσι εφοδιάζεται με δύο καμπίνες οδηγού, μία σε κάθε άκρο του βαγονιού.

- **Ευελιξία δομής**

Λόγω της αρθρωτής δομής που περιγράφηκε προηγουμένως, κάθε συρμός μπορεί να εφοδιαστεί με αριθμό βαγονιών που ποικίλλει από δύο μέχρι όσα επιτρέπει η σιδηροδρομική γραμμή.

Σαν κατασκευή τώρα, το όχημα αποτελείται από 5 στοιχεία

- **MA – Εμπρόσθιο κινητήριο στοιχείο**
- Στο τέρμα του στοιχείου MA περιέχονται οι θύρες και τα κινητήρια φορεία και αυτό εκτείνεται για να περιλάβει το στοιχείο CA της καμπίνας οδήγησης
- **RA – Εμπρόσθιο φέρον ρυμουλκούμενο στοιχείο με περιοχή για άτομα με Ε.Α.**
- **P – Στοιχείο στήριξης**
- Το στοιχείο στήριξης P είναι ένα βαγόνι εξοπλισμένο με φέρον φορείο, ένα παντογράφο και δεν περιλαμβάνει θύρες.
- **RB – Οπίσθιο αναρτημένο φέρον στοιχείο με περιοχή για άτομα με Ε.Α.**
- **MB – Οπίσθιο κινητήριο στοιχείο**

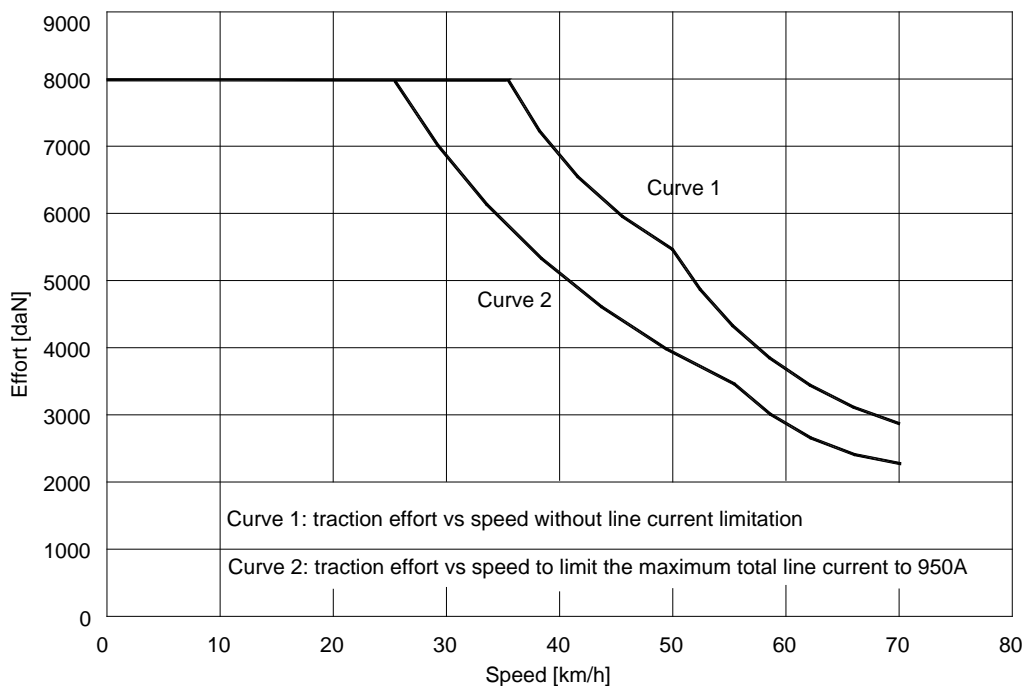


Σαν μηχανική κατασκευή, το όχημα ενσωματώνει όλα τα πρότυπα πυρασφάλειας, περιβαλλοντικής προστασίας και ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας με το περιβάλλον. Μεγαλύτερη ανάλυση αυτού του αντικειμένου θα γίνει στο 7^ο κεφάλαιο.

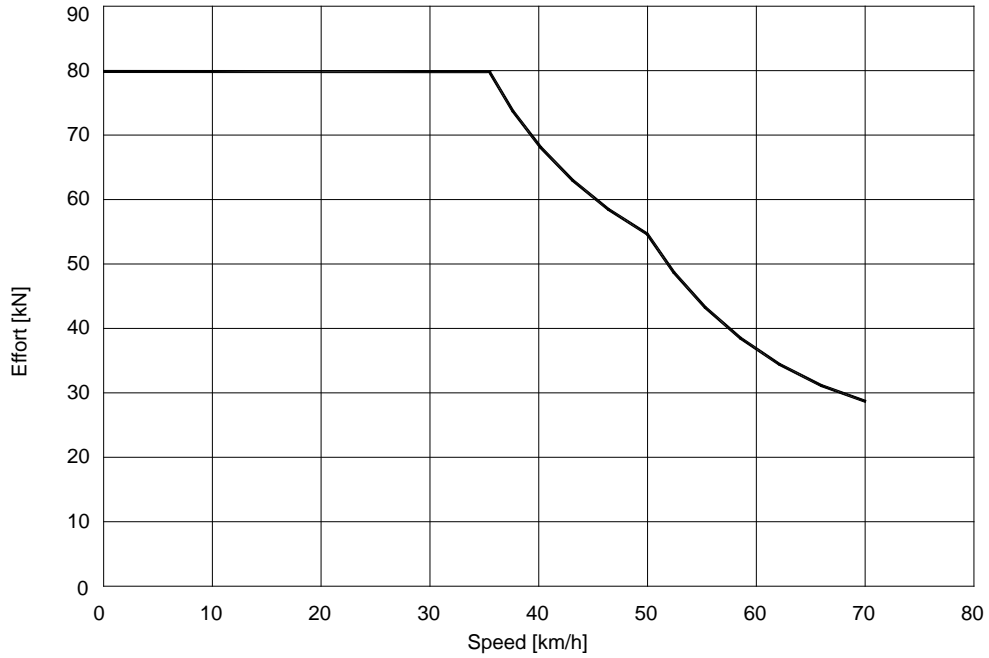
4.2.1 Απόδοση οχήματος

Το όχημα είναι κατάλληλα προσαρμοσμένο για να λειτουργήσει υπό ενός συστήματος αλυσοειδών με ονομαστική τάση 750Vdc (+ 20% -33%). Η μηχανική απόδοση του οχήματος καθορίζεται βάσει των μηχανικών χαρακτηριστικών του κατά την έλξη και την ηλεκτρική πέδηση, και των ακόλουθων δεδομένων :

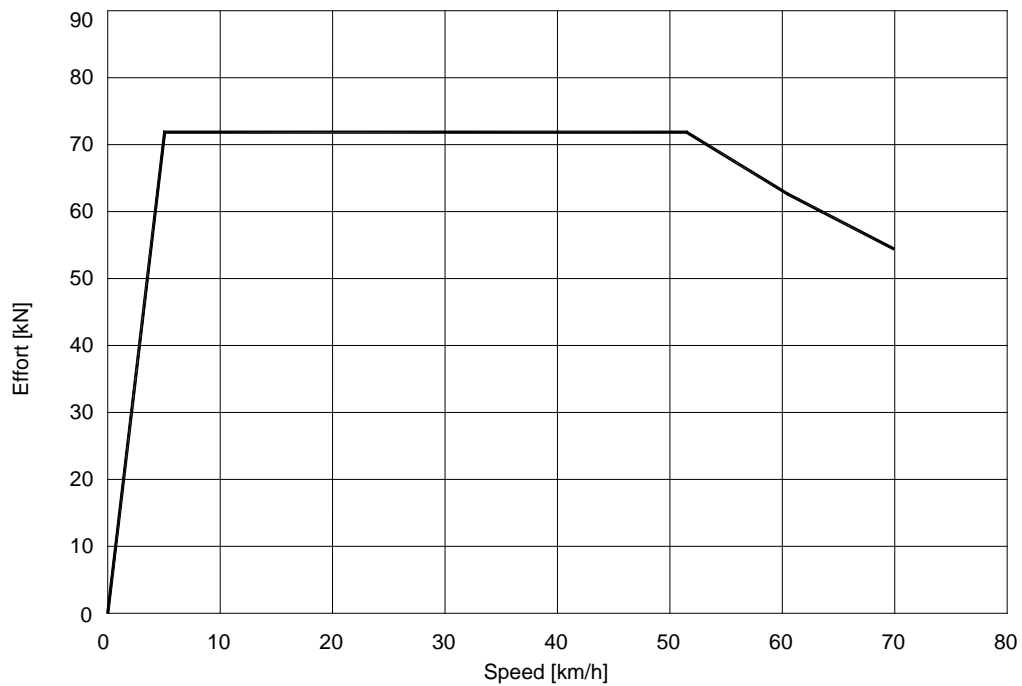
- Ονομαστική τάση		750V
- Μάζα οχήματος:	Έλξη (AW2)	565KN
	Πέδηση (AW3)	618KN
- Κατάσταση διαμέτρου τροχών (καινούργιοι):		660mm
- Βαθμωτή μεταβολή (Jerk) κατά :	Έλξη	1 m/s ³
	Πέδηση	1.3 m/s ³
- Νεκρός χρόνος		0,3 s
- Μέγιστη ελκτική δύναμη σε κανονική λειτουργία		βλέπε Εικ. 4-1
- Μέγιστη ελκτική δύναμη σε λειτουργία εκτάκτου ανάγκης		βλέπε Εικ. 4-2
- Μέγιστη ηλεκτρική δύναμη πέδησης		βλέπε Εικ. 4-3
- Μέγιστη ταχύτητα		70 km/h
- Μέγιστη επιτάχυνση		1.26 m/s ²



Εικ. 4-1 Ελκτική δύναμη σε σχέση με τη ταχύτητα σε κανονική λειτουργία



Εικ. 4-2 Ελκτική δύναμη ως προς τη ταχύτητα σε λειτουργία εκτάκτου ανάγκης



Εικ. 4-3 Καμπύλη ηλεκτρικής πέδησης ως προς τη ταχύτητα

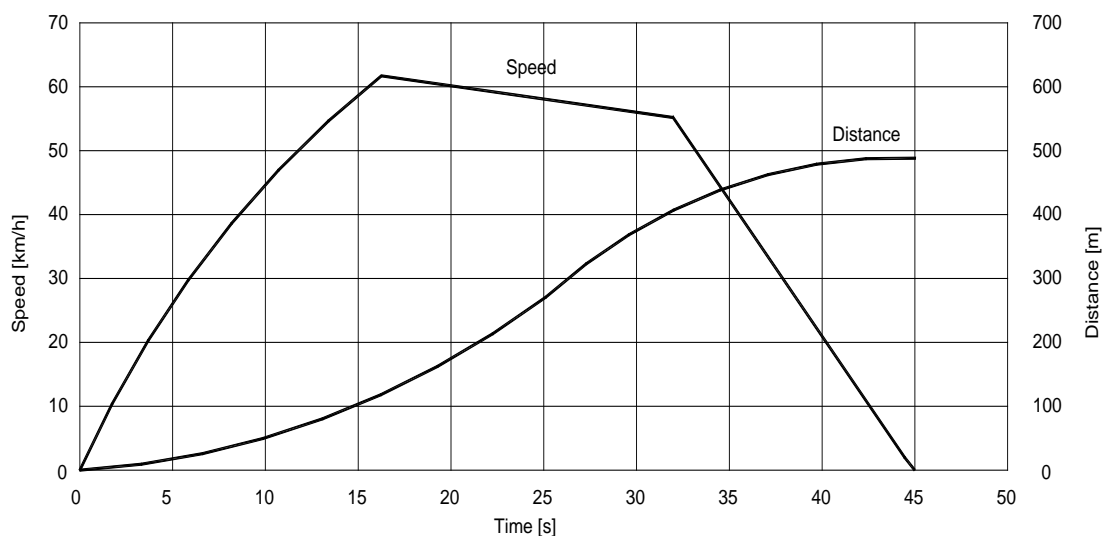
Για τιμές χαμηλότερης τάσης, έως μία ελάχιστη τιμή 500Vdc, η μέγιστη διαθέσιμη ροπή για τη λειτουργία κατά τη φάση εκκίνησης δεν θα μειωθεί σε σχέση με την τιμή σε κανονικές συνθήκες και σε συνθήκες εκτάκτου ανάγκης. Αντίθετα, η ταχύτητα που επιτυγχάνεται μέσω αυτής της τιμής της ροπής θα μειωθεί απότομα αναλογικά με τη μείωση της γραμμής της τάσης.

Για την αξιολόγηση των επιδόσεων, οι χρόνοι έχουν υπολογιστεί από τη στιγμή έναρξης του ελέγχου με την ενεργοποίηση του μοχλού πορείας πέδης.

Ελλείπει λεπτομερών στοιχείων για τη γραμμή, ως τμήμα και συνθήκες αναφοράς για τον υπολογισμό της απόδοσης ελήφθησαν υπόψη τα εξής :

- Μήκος διαδρομής	500 m
- Μέση κλίση	Επίπεδο
- Τάση γραμμής	750 V
- Χρόνος αναμονής	20 s
- Ξηρές και καθαρές σιδηροτροχιές	
- Κατάσταση διαμέτρου τροχών	Καινούργιοι
- Ταχύτητα ανέμου	Άνευ ανέμου
- Κατάσταση φορτίου	AW2

Το όχημα και ο εξοπλισμός έλξης εξασφαλίζουν τη διέλευση της διαδρομής, υπό και σύμφωνα με τις ανωτέρω συνθήκες και χαρακτηριστικά, όπως εμφανίζονται στο διάγραμμα στην Εικ. 4-4.

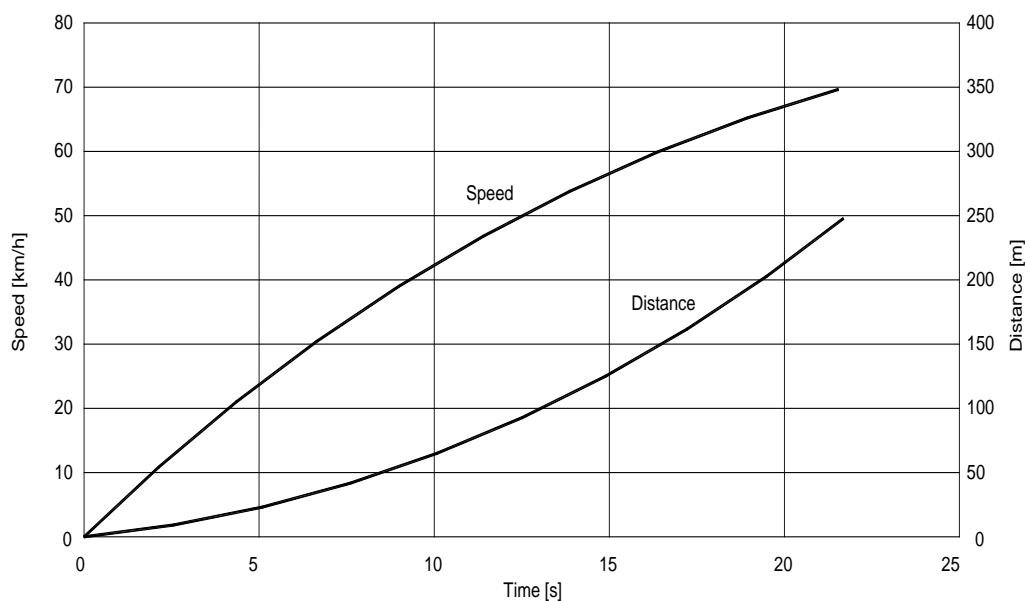


Εικ. 4-4 Ταχύτητα και απόσταση ως προς το χρόνο σε διαδρομή 500 μέτρων

Οι επιδόσεις που υπολογίστηκαν σε διαδρομή 500 μέτρων με φορτωμένο όχημα κατά AW2, είναι οι ακόλουθες:

- Χρόνος διαδρομής, εκτός του χρόνου αναμονής 45s
- Συνολικός χρόνος διαδρομής, συν το χρόνο αναμονής 65s
- Εμπορική ταχύτητα 27.2 km/h

Το διάγραμμα της Εικ. 4-5 περιγράφει την εκκίνηση των οχημάτων με καινούργιους τροχούς έως τη μέγιστη ταχύτητα.



Εικ. 4-5 Ταχύτητα και απόσταση ως προς τις καμπύλες του χρόνου επιτάχυνσης έως τη μέγιστη ταχύτητα

Η μέγιστη ταχύτητα των οχημάτων με πλήρες φορτίο είναι 70 km/h όπως φαίνεται στο διάγραμμα της Εικ. 4-5 και εξασφαλίζεται και με μέγιστη φθορά των τροχών (διάμετρο 610 mm) και με παραμένουσα επιτάχυνση $\geq 0.1 \text{ m/s}^2$.

Λαμβάνοντας υπόψη μία ονομαστική τάση τροφοδοσίας 750 και κατάσταση φορτίου AW2, ο ηλεκτρικός εξοπλισμός έλξης εξασφαλίζει την ακόλουθη επιτάχυνση εκκίνησης :

- Σταθερή επιτάχυνση μετά το πέρας της βαθμωτής μεταβολής (Jerk) μέχρι να επιτευχθεί η μέγιστη δύναμη $a_{01} = 1.26 \text{ m/s}^2$
- Μέση επιτάχυνση από $v = 0 \text{ km/h}$ μέχρι τη μέγιστη ταχύτητα των 70 km/h $a_m = 0.89 \text{ m/s}^2$
- Μέση επιτάχυνση εκκίνησης από $v = 0 \text{ km/h}$ έως 30 km/h $a = 1.1 \text{ m/s}^2$
- Μέγιστη στιγμιαία επιτάχυνση εκκίνησης έως 30 km/h $a_{\max} = 1.27 \text{ m/s}^2$

Η επιτάχυνση μπορεί να ελεγχθεί από το μοχλό πορείας πέδησης. Η τιμή της ελκτικής δύναμης μπορεί να ελεγχθεί από 8% μέχρι 100% συνεχώς.

Η τιμή εισαγωγής και αποκοπής της βαθμωτής μεταβολής (jerk) σε όλες τις φάσεις επιτάχυνσης είναι 1 m/s^3 . Αυτή η τιμή είναι ρυθμιζόμενη.

Εάν προκύψει κάποια βλάβη, με αποτέλεσμα το 50% ή η κινητήρια ισχύς να μην είναι διαθέσιμη, και σε κατάσταση φορτίου AW3, το όχημα είναι ικανό να εκκινήσει με μια επιτάχυνση 0.1 m/s^2 σε κλίση μέχρι 55%, χρησιμοποιώντας την ελκτική δύναμη εκτάκτου ανάγκης.

Στη μέγιστη κλίση της μελέτης 60‰ η προκύπτουσα επιτάχυνση εκκίνησης είναι $0,057 \text{ m/s}^2$.

Οι ίδιες επιδόσεις επιτυγχάνονται με ένα πλήρες λειτουργικό όχημα ανακτώντας ένα όχημα με βλάβη, αμφότερα σε κατάσταση φορτίου AW3.

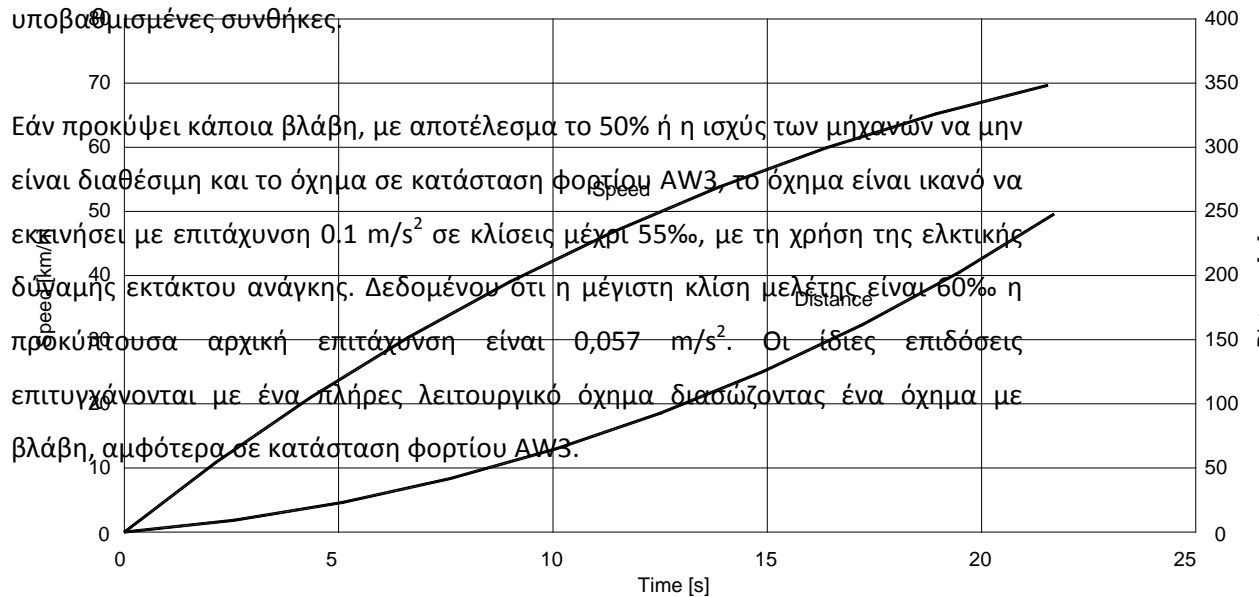
4.2.2 Εφεδρικές μονάδες

Η διαμόρφωση του οχήματος προβλέπει τη χρησιμοποίηση δύο κινητήριων φορείων και δύο μετατροπέων έλξης με τη λειτουργική εφεδρεία στα κινητήρια φορεία: κάθε μετατροπέας ισχύος τροφοδοτεί τους δύο κινητήρες έλξης κάθε κινητήριου φορείου.

Η λειτουργία κάθε κινητήριου φορείου είναι ανεξάρτητη από το άλλο, επιτρέποντας κατά συνέπεια τον αυτόματο αποκλεισμό του επιμέρους συστήματος έλξης σε

περίπτωση βλάβης, ώστε να επιτραπεί η συνέχεια της λειτουργίας σε υποβαθμισμένες συνθήκες.

Εάν προκύψει κάποια βλάβη, με αποτέλεσμα το 50% ή η ισχύς των μηχανών να μην είναι διαθέσιμη και το όχημα σε κατάσταση φορτίου AW3, το όχημα είναι ικανό να εκκινήσει με επιτάχυνση 0.1 m/s^2 σε κλίσεις μέχρι 55%, με τη χρήση της ελκτικής δύναμης εκτάκτου ανάγκης. Δεδομένου ότι η μέγιστη κλίση μελέτης είναι 60% η προκύπτουσα αρχική επιτάχυνση είναι $0,057 \text{ m/s}^2$. Οι ίδιες επιδόσεις επιτυγχάνονται με ένα πλήρες λειτουργικό όχημα διασώζοντας ένα όχημα με βλάβη, αμφότερα σε κατάσταση φορτίου AW3.



4.3 Σύστημα πέδησης

Η πέδηση σε ένα όχημα μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους.

Ο κυριότερος από αυτούς είναι η ηλεκτρική πέδη, η οποία οφείλεται στην φύση του ασύγχρονου κινητήρα. Αυτό γίνεται αντιληπτό από την χαρακτηριστική ροπής-στροφών της.

Υπάρχουν πολλά είδη ηλεκτρικής πέδης, εδώ όμως χρησιμοποιείται η ηλεκτροδυναμική πέδη. Σε αυτήν, ο κινητήρας μπορεί να επιβραδυνθεί εφαρμόζοντας μια συνεχή τάση στον στάτη. Αυτό επιτυγχάνεται συνδέοντας τον στάτη σε μία πηγή συνεχούς τάσης, η οποία μπορεί να μεταβάλλεται από ένα chopper, ενώ ο δρομέας συνδέεται σε αντιστάσεις.

Σε αυτήν την περίπτωση, ο στάτης θα παράξει ένα σταθερό ημιτονοειδές μαγνητικό πεδίο, ενώ στον δρομέα που κινείται μέσα στο πεδίο αυτό θα επαχθεί ένα ρεύμα εξ'επαγωγής. Έτσι, αφού έχουμε ροή ρεύματος μέσα σε μαγνητικό πεδίο, θα ασκηθεί στον δρομέα ροπή αντίθετη από την φορά της κίνησης, προκαλώντας με αυτόν τον τρόπο φρενάρισμα. Το ποσό της αντίρροπης ροπής εξαρτάται από την τάση που επάγουμε στον στάτη, την ταχύτητα του δρομέα και τις αντιστάσεις του τελευταίου. Έτσι, όταν ο οδηγός θελήσει να φρενάρει, η μονάδα ελέγχου στέλνει κατάλληλα σήματα ελέγχου στο chopper, ρυθμίζοντας την συνεχή του τάση.

Από την χαρακτηριστική λειτουργίας της μηχανής, βλέπουμε πως αυτή θα λειτουργεί πια σαν γεννήτρια, επιστρέφοντας ενέργεια, είτε στο δίκτυο, αν μέσω συστήματος ελέγχου συνδέσουμε τον δρομέα στο δίκτυο, είτε σε μεταβλητές ωμικές αντιστάσεις που είναι συνδεδεμένες στον δρομέα της μηχανής. Ο πρώτος τρόπος ενδείκνυται όταν είναι σε κοντινή απόσταση ένα άλλο τραμ., έτσι ώστε να εξοικονομούμε ενέργεια, και ο δεύτερος όταν δεν υπάρχει κοντά κάποιο άλλο όχημα.

Στην μηχανική πέδη, Το φρένο τριβής είναι ηλεκτροϋδραυλικού τύπου και περιλαμβάνει:

- Μία ηλεκτροϋδραυλική μονάδα ελέγχου (HPCU), τοποθετημένη σε κάθε βαγόνι.
- Έναν αισθητήρα και έναν δίσκο σε κάθε ρόδα του βαγονιού.
- Μία ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (BCU) για το ηλεκτροϋδραυλικό φρένο, τοποθετημένη σε κάθε βαγόνι.
- Αισθητήρας στιγμιαίας ταχύτητας που εφαρμόζεται σε κάθε τροχό.

Αν κάποιο από τα φρένα δεν χαλαρώσει, τότε υπάρχει η δυνατότητα χειροκίνητου χειρισμού της κατάστασης. Το αν είναι ένα σύστημα ενεργοποιημένο ή όχι, φαίνεται από αντίστοιχη ένδειξη στην θέση του οδηγού. Η χαλάρωση δε του φρένου στάθμευσης είναι δυνατόν να γίνει αυτόματα, μέσω του χειριστηρίου του οδηγού.

Η ηλεκτροϋδραυλική μονάδα περιλαμβάνει αντλίες οδηγούμενες από κινητήρα, και είναι στην ουσία μία συμπαγής μονάδα κοντά στους τροχούς.

Το υδραυλικό υγρό είναι αποθηκευμένο σε μία δεξαμενή και ο κινητήρας που χρησιμοποιείται τροφοδοτείται από συσσωρευτές.

Η βαλβίδα ελέγχου συγκρατεί το υγρό στην δεξαμενή υπό πίεση. Για να αποφευχθεί η υπερπίεση, υπάρχει μία βαλβίδα εκτόνωσης στο σύστημα. Η ποσότητα του υγρού στην δεξαμενή ελέγχεται μέσω της πίεσης που ασκείται σε αυτήν, με την βοήθεια της μηχανοκίνητης αντλίας.

Όταν τώρα το υγρό εξέρχεται της δεξαμενής, διανέμεται σε όλα τα σημεία που ελέγχει η αντλία ελέγχου πίεσης. Αυτή ρυθμίζει την ροή του υγρού, και κατά συνέπεια την πίεση που ασκεί το φρένο. Ελέγχεται από έναν αισθητήρα πίεσης που υπάρχει στα δισκόφρενα των τροχών. Τα σήματα ελέγχου επεξεργάζονται στην οικεία μονάδα ελέγχου, και η τελευταία ρυθμίζει την πίεση σύμφωνα με τις ανάγκες.

Άλλα στοιχεία που χρησιμοποιούνται στο σύστημα πέδης είναι τα ηλεκτρονικά ελέγχου. Η μονάδα αυτή λαμβάνει δεδομένα ταχύτητας από τους αισθητήρες που είναι τοποθετημένοι στους τροχούς. Σκοπός της είναι ο έλεγχος και ο συγκερασμός της ηλεκτρικής και της μηχανικής πέδης, ώστε να έχουμε ένα σωστό αποτέλεσμα.

Επίσης, αναγκαίοι είναι και οι αισθητήρες ταχύτητας, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στους τροχούς, κλεισμένοι ερμητικά μέσα σε κουτιά, τα οποία τους προφυλάσσουν από μηχανικές καταπονήσεις.

Ποικιλία επίσης υπάρχει και στα είδη πέδησης.

Η υπηρεσιακή πέδη είναι ηλεκτροδυναμικού τύπου. Κάτω από συνήθεις συνθήκες λειτουργίας, κάθε πέδηση γίνεται μέσω του ηλεκτροδυναμικού συστήματος. Σε χαμηλές ταχύτητες (κάτω από 5 km/h) παρεμβαίνει και το ηλεκτροϋδραυλικό σύστημα, το οποίο συμμετέχει και στην πέδη σε υψηλότερες ταχύτητες για την υποβοήθηση του ηλεκτροδυναμικού συστήματος, αν το φορτίο του τραμ είναι μεγάλο. Κάτι τέτοιο συμβαίνει και όταν για κάποια λόγο προκύψει κάποια βλάβη στο ηλεκτροδυναμικό σύστημα, οπότε το ηλεκτροϋδραυλικό παρεμβαίνει για να αποκαταστήσει εκείνο το ποσό πέδης που έχει χαθεί λόγω της βλάβης, με αποτέλεσμα να αποκαθίσταται το ίδιο αποτέλεσμα επιβράδυνσης.

Το όχημα σε κατάσταση φορτίου AW3 κατά τη διάρκεια της πέδησης υπηρεσίας εξασφαλίζει τις ακόλουθες επιδόσεις:

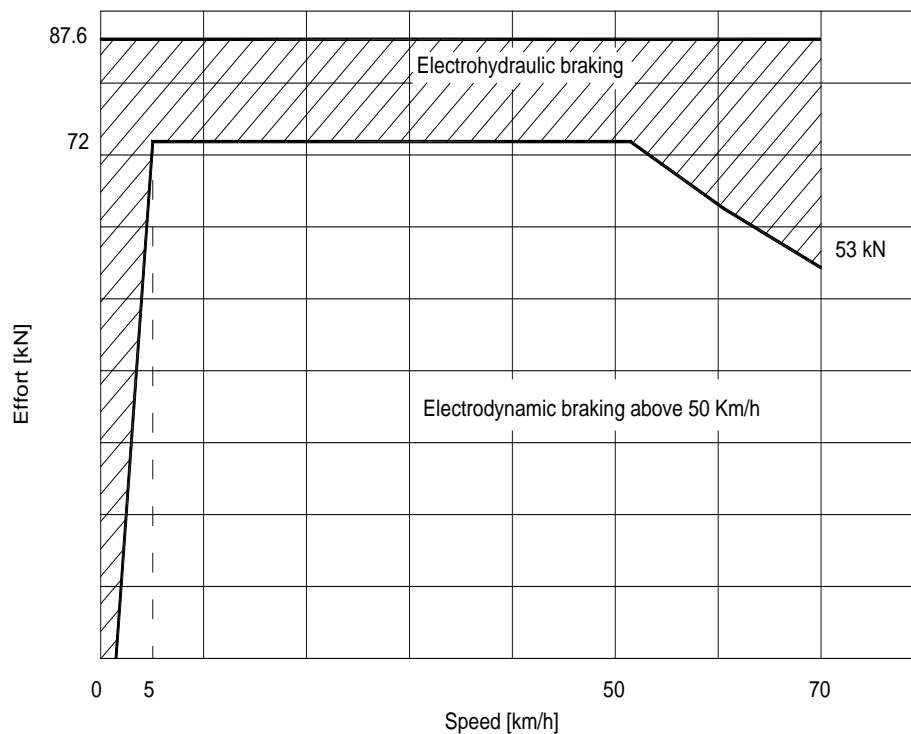
- Χρόνος απόκρισης 0.3 s
- Βαθμωτή μεταβολή (Jerk) στην αρχή και το τέλος της πέδησης 1.3 m/s^3
- Συνεχής επιβράδυνση πέδησης $a_{03} = 1.3 \text{ m/s}^2$
- Μέση επιβράδυνση $a_{m3} = 1.19 \text{ m/s}^2$
- Μέγιστη τιμή επιβράδυνσης $A = 1.33 \text{ m/s}^2$
- Απόσταση πέδησης από την αρχή του χρόνου απόκρισης έως την πλήρη ακινητοποίηση του οχήματος 160 m

Οι ανωτέρω επιδόσεις είναι διαθέσιμες σε όλες τις συνθήκες δεκτικότητας των γραμμών. Σε χαμηλή ταχύτητα το ηλεκτροδυναμικό φρένο αντικαθίσταται από το ηλεκτροϋδραυλικό φρένο για να σταματήσει το συρμό.

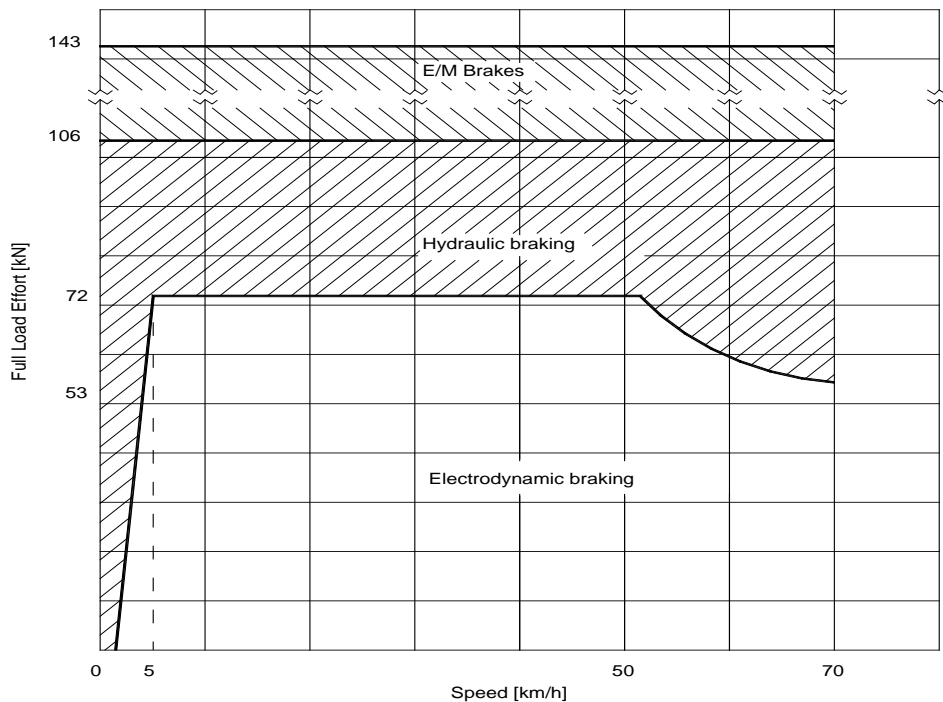
Χρησιμοποιώντας μόνο το ηλεκτροδυναμικό φρένο, η λαμβανόμενη μέση επιβράδυνση είναι $a_{m3} = 1 \text{ m/s}^2$ και η συνεχής επιβράδυνση πέδησης είναι $a_{03} = 1.11 \text{ m/s}^2$.

Έτσι, η συμβολή του ηλεκτροϋδραυλικού φρένου στην πέδηση υπηρεσίας είναι ισοδύναμη με περίπου 0.19 m/s^2 .

Η επιβράδυνση μπορεί να ελεγχθεί από το μοχλό πορείας πέδησης. Η τιμή της δύναμης πέδησης μπορεί να ελεγχθεί κατά 8% έως 100% συνεχώς.



Εικ. 4-6 Διάγραμμα πέδησης υπηρεσίας σε μέγιστο φορτίο AW3 (μηχανή σε εύρος μέγιστης ταχύτητας)



Εικ. 4-7 Διάγραμμα πέδησης υπηρεσίας με μέγιστο φορτίο AW3 (μηχανή σε όλο το εύρος ταχύτητας)

Η πέδηση ασφάλειας εφαρμόζεται σε περίπτωση μείζονος προβλήματος που παρουσιάζεται στη ώση του τραμ ή στον έλεγχο πέδησης. Αυτός ο τύπος πέδησης προβλέπεται να είναι η "τελευταία πιθανότητα" για να σταματήσει το τραμ σε περίπτωση που ο οδηγός δεν μπορεί να εκτελέσει την εργασία του λόγω προσωπικών προβλημάτων ή υπάρξει βλάβη στο σύστημα ελέγχου του τραμ. Δεδομένου ότι η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου που χρησιμοποιείται για σιδηροδρομική εφαρμογή δεν είναι απολύτως σιδηροδρομικά ασφαλής, οι καταστάσεις κινδύνου της ασφάλειας όπως για παράδειγμα "το τραμ επιταχύνει όταν ο οδηγός θέλει να φρενάρι" θα πρέπει να ληφθούν υπόψη. Θεωρητικά, αυτό μπορεί να συμβεί σε περίπτωση αιφνίδιας βλάβης στο λογισμικό ελέγχου προώθησης και αυτό επειδή το ίδιο λογισμικό ελέγχου χρησιμοποιείται από όλα τα συστήματα προώθησης.

Για να αντιμετωπισθούν οι προαναφερόμενοι κίνδυνοι ασφάλειας η πέδηση ασφάλειας πρέπει να είναι απολύτως ανεξάρτητη από όλους τους ηλεκτρικούς και ηλεκτρονικούς ελέγχους. Φυσικά, αυτό σημαίνει ότι κανένας έλεγχος δεν μπορεί να είναι ενεργός: ζύγιση φορτίου, ξαφνική ώθηση, επίπεδο επιβράδυνσης.

Η ανεξαρτησία του κυκλώματος πέδησης ασφάλειας από όλα τα άλλα κυκλώματα του συρμού πραγματοποιείται μέσω ενός βρόγχου ασφαλείας γαλβανικά μονωμένου. Ο οδηγός μπορεί να ανοίξει το βρόγχο ασφαλείας από το κομβίο ωστηρίου (ακινητοποίηση εκτάκτου ανάγκης) που βρίσκεται στη κονσόλα χειρισμού. Όταν ανοίξει ο βρόγχος ασφαλείας απενεργοποιεί τις ηλεκτροβαλβίδες των μονάδων υδραυλικής πέδησης που αποφορτίζουν τη πίεση του λαδιού στους κυλίνδρους των φρένων και έτσι επιτρέπουν στο ελατήριο των φρένων να εφαρμόσει τη μέγιστη δύναμη στο δισκόφρενο.

Τα φρένα και τα αμμοκιβώτια είναι επίσης διαθέσιμα διότι λαμβάνουν ενέργεια από τους δύο ηλεκτρικούς συσσωρευτές του οχήματος. Η ενεργοποίησή τους κατά τη διάρκεια μιας διαδικασίας πέδησης ασφάλειας μπορεί να βοηθήσει σημαντικά, για την ελαχιστοποίηση της απόστασης πέδησης και για τη βελτίωση της πρόσφυσης τροχών/σιδηροτροχιών.

Σε αυτή τη περίπτωση, όταν το όχημα έχει σταματήσει, είναι απαραίτητο να γίνει επαναφορά του κομβίου ωστηρίου προκειμένου να απελευθερωθούν οι αεροθάλαμοι των φρένων τα οποία αλλιώς θα έπρεπε να παραμείνουν σε επαφή με τη σιδηροδρομική γραμμή. Η λειτουργία είναι απαραίτητη προκειμένου να αποφευχθεί η αποφόρτιση των μπαταριών.

Η πέδηση επείγουσας κατάστασης ενεργοποιείται μέσω χειρολαβών που βρίσκονται εντός των βαγονιών, και περιλαμβάνει την συμμετοχή όλων των τύπων πέδησης του οχήματος. Όταν συμβαίνει αυτού του είδους φρεναρίσματος, εφαρμόζεται η μέγιστη δυνατή επιβράδυνση του οχήματος. Η ηλεκτρική πέδη στα κινητήρια φορεία και στο ρυμουλκούμενο βαγόνι, τα φρένα τριβής στα φέροντα φορεία, όλα τα ηλεκτρομαγνητικά φρένα και συστήματα αμμοβολής στις σιδηροτροχιές ενεργοποιούνται. Επιπλέον, ο σταθμιστής φορτίων και τα αντιολισθητικά συστήματα είναι ακόμα ενεργά, αλλά όχι ο έλεγχος της ξαφνικής ώθησης, προκειμένου να αποκτηθεί η καλύτερη δυνατή απόδοση πέδησης.

Τέλος, στην πέδηση στάθμευσης χρησιμοποιούνται οι υδραυλικοί κύλινδροι πέδησης. Το φρένο στάθμευσης είναι ικανό κάτω από μικρή υπερφόρτωση, χωρίς χρονικά όρια και σε κλίσης που μπορεί να φτάσει και το 50%.

4.4 Πρόωση και βοηθητικές μονάδες

Ο ηλεκτρικός εξοπλισμός του τραμ αποτελείται από τα ακόλουθα κύρια στοιχεία :

- Εξοπλισμό ελέγχου
- Εφεδρικό εξοπλισμό
- Σύστημα ασφαλείας
- Σύστημα Παρακολούθησης Ελέγχου Συρμού (TCMS)
- Στατικό σύστημα καταγραφής συμβάντων
- Διαγνωστικά συστήματος

Ο εξοπλισμός ελέγχου αποτελείται από τα ακόλουθα στοιχεία :

- 1 Παντογράφο
- 1 Αποφορτιστή υπέρτασης
- 1 Διακόπτη υπερταχείας (Ηλεκτρονόμο)
- 2 Στατικούς ενεργοποιητές, κίνησης και ηλεκτροδυναμικής πέδησης που ολοκληρώνονται από διατάξεις προστασίας και κατάτμησης
- 2 Ρεοστάτες πέδησης
- 2 Φίλτρα προφόρτισης κυκλωμάτων
- 4 Ηλεκτρικούς κινητήρες

Ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός του οχήματος είναι ικανός να εξασφαλίσει τα ακόλουθα:

- Τάση τροφοδοσίας του συστήματος 750 V DC.
- Βηματική και γραμμική έναρξη και διατήρηση σταθερής επιτάχυνσης, ανεξάρτητης του φορτίου.

- Ηλεκτροδυναμική πέδη, κατά την οποία ο κινητήρας έλξης λειτουργεί σαν γεννήτρια, ξεκινώντας από μία μέγιστη ταχύτητα και καταλήγωντας σε μία ελάχιστη, κάτω από 5 km/h, με την μέγιστη επιβράδυνση σταθερή, ανεξάρτητης του φορτίου.
- Την επιστροφή της ενέργειας κατά την διάρκεια της πέδης, σαν συνάρτηση φυσικά της ικανότητας λήψης της γραμμής.
- Την αυτόματη δράση της μηχανικής πέδης σε περίπτωση που η ηλεκτροδυναμική αποτύχει.
- Την ρύθμιση της βάρμωσης της επιτάχυνσης ή επιβράδυνσης με την βοήθεια λογισμικού.
- Την διαχείριση όλου του εξοπλισμού από την καμπίνα του οδηγού.
- Την παροχή ισχύος στις βοηθητικές λειτουργίες (κλιματισμός, φωτισμός)

Τα γενικά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του συστήματος, είναι τα ακόλουθα:

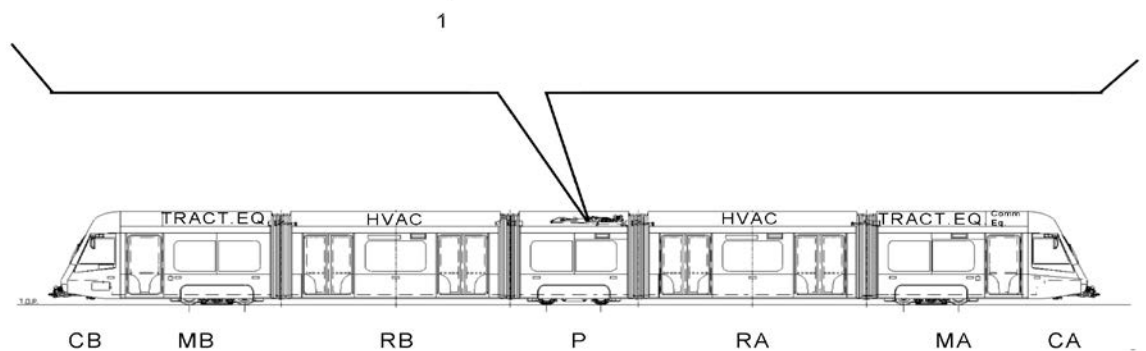
- **Ονομαστική τάση εισόδου:** 750 Vdc
- **Διακύμανση τάσης** 500 ÷ 900 Vdc
- **Φίλτρο εισόδου** L = 2mH, C = 2,64 mF
- **Προστασίες** υπερτάσεις και υπερρεύματα γραμμής,
Υπερρεύματα κινητήρα και IGBT
Υπερθέρμανση και βραχυκύκλωμα IGBT
- **Τάση μόνωσης** 4 KV
- **IGBT ψύξη** Εξαναγκασμένη

4.4.1 Παντογράφος

Το όχημα είναι εφοδιασμένο με έναν ηλεκτρικά ελεγχόμενο παντογράφο. Ο ηλεκτρικός έλεγχος επιτυγχάνεται μέσω ενός L.T. συστήματος οδήγησης, το οποίο επιτρέπει τον έλεγχο της θέσης του παντογράφου με την βοήθεια ενός οριακού διακόπτη. Εκτός όμως αυτού, υπάρχει και η δυνατότητα χειροκίνητου ελέγχου από έναν ειδικό χώρο που βρίσκεται στην καμπίνα επιβατών.

Τα χαρακτηριστικά του παντογράφου είναι τα ακόλουθα:

- **Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά:**
 - **Ονομαστική τάση** 750 V DC
 - **Εύρος τάσης** 500-900 V DC
 - **DC ρεύμα σε ακινησία** 120 A
 - **Τάση λειτουργίας** 800 V
 - **Μέγιστο ρεύμα** 1200 A
- **Μηχανικά χαρακτηριστικά**
 - **Μέγιστη ταχύτητα λειτουργίας** 75 km/h
 - **Πίεση στην γραμμή επαφής** 8 daN
- **Ύψος λειτουργίας**
 - **Μέγιστο ύψος** 6 μέτρα
 - **Ελάχιστο ύψος** 4 μέτρα



Εικ. 4-8: Παντογράφος

4.4.2 Υπερταχύς διακόπτης σβέσης

Αυτός ο διακόπτης είναι σχεδιασμένος με απλούς πόλους, μαγνητική σβέση και ηλεκτρομαγνητικό έλεγχο. Επιτυγχάνεται με αυτόν τον τρόπο άμεση απελευθέρωση του διακόπτη, δικατευθυντήρια προστασία και ανεξάρτητος έλεγχος των συστημάτων οδήγησης.

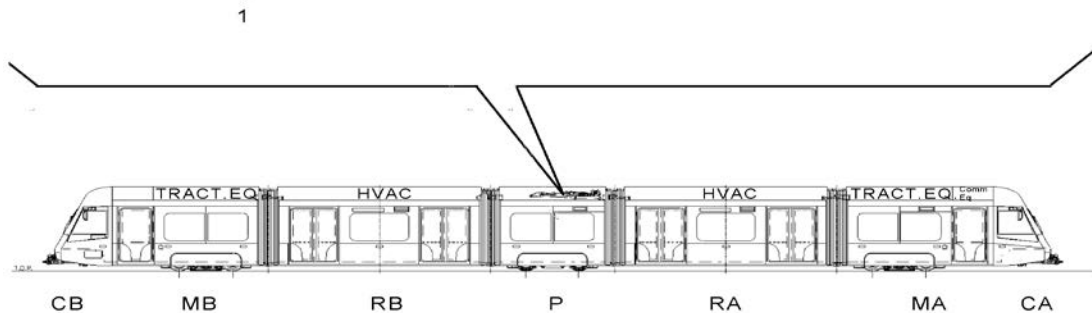
Τα κύρια χαρακτηριστικά του είναι τα ακόλουθα:

- **Δικατευθυντήριοι τύπος**
- **Ονομαστική τάση** 750 V DC
- **Συνεχές ρεύμα** 1000 A

- **Ρεύμα αποκοπής** 30 kA σε 15 ms.

4.4.3 Αλεξικέραυνο

Ο αποφορτιστής υπέρτασης είναι τύπου μεταλλικών οξειδίων, χωρίς σπινθηρόμετρα για κυκλώματα με τάση μέχρι 1 kV (βλ. Εικ. 4-9).



Εικ. 4-9 Αλεξικέραυνο

Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του αλεξικεραύνου είναι τα ακόλουθα:

- **Ονομαστική τάση** 1,2 kV

- Ονομαστικό ρεύμα αποφόρτισης	10 kA
- Αντοχή στους παλμούς ρεύματος	100 kA
- Ικανότητα απορρόφησης ενέργειας	5 kJ

4.4.4 Αντιστροφέας

Κάθε φάση του αντιστροφέα αποτελείται από IGBT και ηλεκτρονικά οδήγησης. Όπως διασυνδέονται αυτά μέσα στο κύκλωμα, αποφεύγονται προβλήματα που μπορεί να προκληθούν τόσο από άνιση κατανομή ισχύος, όσο και από την τάση, με επακόλουθο την αύξηση της αξιοπιστίας του μετατροπέα.

Τα κύρια χαρακτηριστικά του μετατροπέα είναι αυτά που φαίνονται παρακάτω:

- **Λειτουργία αντιστροφέα**
 - Ονομαστική τάση 750V DC
 - Εύρος τάσης εισόδου 500 V-900V DC
 - Τάση εξόδου (τετράγωνη κυματομορφή) 562 V AC
 - Μέγιστη συχνότητα 1^{ης} αρμονικής 135 Hz
 - Ισχύς έλξης 430 Kva
 - Απόδοση >0,97
- **Χαρακτηριστικά πέδης**
 - Ονομαστική τάση 750 V DC
 - Τάση λειτουργίας 800-900 V DC
 - Ισχύς 360 KW

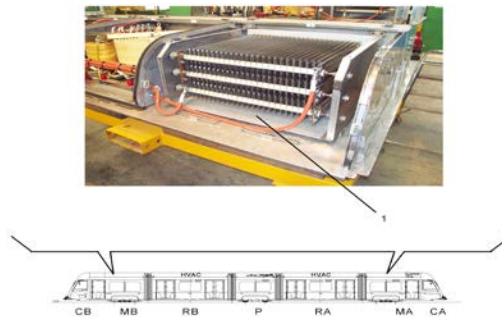
Τα IGBT είναι συνδεδεμένα πολύ κοντά με τους πυκνωτές του φίλτρου, εισάγοντας έτσι μικρή επαγωγή στο δίκτυο (μικρότερη των 25 nH), με αποτέλεσμα να μηδενίζονται οι υπερτάσεις αποκοπής. Επίσης, έχουν χαμηλές απώλειες και η ψύξη τους μπορεί να επιτευχθεί εύκολα με την βοήθεια εξαναγκασμένου εξαερισμού. Για αυτόν τον σκοπό, είναι τοποθετημένα πάνω σε εναλλάκτες θερμότητας εφοδιασμένους με πτερύγια, έτσι ώστε να ενισχύεται η απαγωγή θερμότητας. Η όλη διαδικασία ψύξης υποβοηθείται από έναν ανεμιστήρα χαμηλής ισχύος, του οποίου ο ρόλος είναι να θέτει σε κίνηση τον θερμό αέρα.

4.4.5 Ρεοστάτης πέδης

Ο ρεοστάτης πέδησης (βλ. Εικ. 4-10) αποτελείται από ένα τμήμα αντιστάσεων εγκατεστημένο σε πλαίσιο. Προστατεύεται από δύο φύλλα μαρμαρυγία και είναι τύπου φυσικού εξαερισμού. Είναι εγκατεστημένος στην οροφή του οχήματος με ονομαστική τροφοδοσία 750Vdc.

Το ρεύμα, που απελευθερώνεται από τον ρεοστάτη, διαμορφώνεται από ένα κατατμητή.

Κάθε μηχανισμός πρόωσης είναι εξοπλισμένος με ένα ρεοστάτη πέδησης. Ο ρεοστάτης μπορεί να απελευθερώσει την ελεγχόμενη από τον κατατμητή ενέργεια πέδησης σε περίπτωση που η γραμμή δεν είναι δεκτική. Ο κατατμητής μαζί με το ρεοστάτη λειτουργούν και σαν αγωγός εκτόνωσης σε περίπτωση υπέρτασης στη γραμμή. Τα ενεργά στοιχεία του ρεοστάτη είναι φτιαγμένα από μη μαγνητικό υλικό. Το πλαίσιο στήριξης είναι από επεξεργασμένο ατσάλι κατά των οξειδώσεων. Η σύνδεση των καλωδίων γίνεται έξω από τη ροή του θερμού αέρα με τερματικά απομονωμένα από το πλαίσιο.



: Εικ. 4-10: Ρεοστάτης πέδης

Τα τεχνικά του χαρακτηριστικά συνοψίζονται στα εξής:

- **Μέγιστη αντίσταση στην μέγιστη θερμοκρασία (580 °C)** 1,32Ω
- **Διακύμανση αντίστασης στους 20° C** 1,02Ω + 7- 5%

4.4.6 Φίλτρο προφόρτισης κυκλώματος

Ένα LC φίλτρο είναι τοποθετημένο μεταξύ της γραμμής και κάθε αντιστροφέα. Το φίλτρο αυτό, απαραίτητο για την λειτουργία του αντιστροφέα, προστατεύει αφενός από υπερτάσεις που μπορεί να υπάρχουν στην γραμμή , και αφετέρου αποκόπτει αρμονικές ρεύματος που μπορεί να μπουν στην γραμμή και να προκαλέσουν παρεμβολές σε άλλα συστήματα επικοινωνιών.

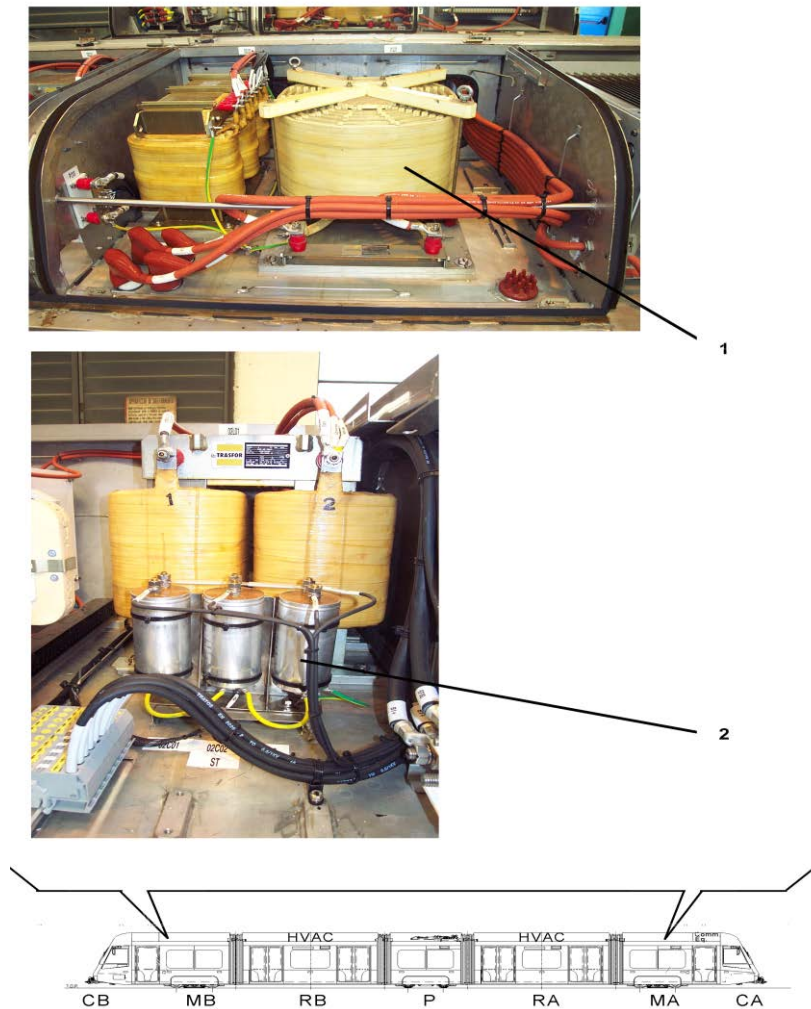
Κάθε φίλτρο αποτελείται από ένα πηνίο και έναν παράλληλο συνδυασμό πυκνωτών, τοποθετημένων σε κάθε φάση του αντιστροφέα. Οι τελευταίοι είναι συνδεδεμένοι παράλληλα με αντιστάσεις εκφόρτισης, σταθερά τοποθετημένες.

Τα χαρακτηριστικά της επαγωγής είναι:

- Τύπος εφαρμογής	Φίλτρο γραμμών
- Ονομαστική τιμή αυτεπαγωγής	20 mH
- Ανοχή ονομαστικής τιμής αυτεπαγωγής	± 10%

Τα αντίστοιχα στοιχεία των πυκνωτών είναι:

- Ονομαστική τιμή χωρητικότητας CN	100 μF
- Ονομαστική τιμή ανοχής	± 10%
- Ονομαστική τάση Η.Ε	340 V
- Μέγιστο ρεύμα	40 A
- Σύστημα ψύξης	Φυσικός αέρας



Εικ. 4-11: LC φίλτρο 1-Πηνίο, 2-Πυκνωτές

4.4.7 Στατικοί εφεδρικοί μετατροπείς

Το όχημα είναι εφοδιασμένο με δύο μετατροπείς, καθένας από τους οποίους:

- Προσφέρει τάση 24V DC για την τροφοδοσία των φορτίων χαμηλής τάσης και την διαχείριση της φόρτισης του συσσωρευτή που σχετίζεται με τον μετατροπέα.
- Προσφέρει τάση 380 V/220 V AC/50 Hz για την τροφοδοσία των μονοφασικών και τριφασικών φορτίων.

Οι δύο αυτές έξοδοι είναι γαλβανικά απομονωμένες στην εναέρια γραμμή, μέσω κατάλληλων μετασχηματιστών. Κάτω από συνήθεις συνθήκες λειτουργίας, οι δύο βοηθητικοί μετατροπείς τροφοδοτούν τις λειτουργίες Μ.Τ. και Χ.Τ. Αν όμως ο ένας

από τους δύο μετατροπείς αστοχήσει, τότε ο άλλος που μένει σε λειτουργία τροφοδοτεί μόνο τον εξοπλισμό Μ.Τ. και τις λειτουργίες Χ.Τ. που έχουν προτεραιότητα, με την επικουρία των συσσωρευτών.

Η λειτουργία που μπορεί να επιτελέσει ο μετατροπέας είναι η μετατροπή τόσο της συχνότητας όσο και του μεγέθους της τάσης, με την βοήθεια ενός μικροεπεξεργαστή. Όταν τώρα δεν υπάρχει τάση στους συσσωρευτές, ο μετατροπέας εκκινεί αυτόματα, δεδομένης βέβαια της τροφοδοσίας από την γραμμή.

Ένας μετατροπέας περιλαμβάνει τα IGBT, τις διόδους, το φίλτρο πυκνωτών, την ρύθμιση, τους transducers και τους μετασχηματιστές απομόνωσης.

Όσον αφορά την ψύξη των στοιχείων που παράγουν θερμική ενέργεια, είναι τοποθετημένα σε στενή θερμική επαφή, πάνω σε εναλλάκτες θερμότητας που βρίσκονται πάνω σε ένα κανάλι αέρα, το οποίο συνδέεται με τον ανεμιστήρα ψύξης του μετατροπέα έλξης. Στην πραγματικότητα δηλαδή, υπάρχει ένα μοναδικό κύκλωμα ψύξης για να μειώνει την θερμοκρασία τόσο του μετατροπέα έλξης, όσο και των βοηθητικών, με την χρήση ενός μόνο ανεμιστήρα χαμηλής ισχύος.

Κάθε διάταξη μετατροπής έχει την ακόλουθη δομή:

- **Φίλτρα εισόδου**

Αυτά προστατεύουν την διάταξη από εξωτερικές υπερτάσεις, συμπιέζουν και απορρίπτουν τις παρεμβολές από άλλα συστήματα και μειώνουν τις αρμονικές ρεύματος.

Οι μόνιμες αντιστάσεις εκφόρτισης των φίλτρων συνδέονται παράλληλα με τους πυκνωτές, και επιτρέπουν την πτώση της τάσης κάτω από τα 50 V σε περίπου 60 sec. Αυτή η διάταξη προστατεύεται από ασφάλειες.

- **Βοηθητικός μετατροπέας μέσης τάσης**

Η τάση εισόδου έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- **Ονομαστική τάση τροφοδοσίας:** 750 V
- **Διακυμάνσεις τάσης:** -33% - 20%

Η τάση εξόδου για τον εξοπλισμό μέσης τάσης χαρακτηρίζεται από:

- **Μέγεθος τάσης:** 380 V +/- 5%, 50 Hz +/- 0.5 Hz
- **Σταθερή ισχύς εξόδου:** 30 KVA
- **Απόδοση:** 0.85

Ο αντιστροφέας διαθέτει ένδειξη η οποία ανάβει όταν τροφοδοτείται από υπερτάσεις ή υποτάσεις. Σε αυτήν την περίπτωση, σβήνει αυτόματα και επανέρχεται με τον ίδιο τρόπο όταν η τροφοδοσία επανέλθει στα φυσιολογικά επίπεδα.

- **Βοηθητικός μετατροπέας χαμηλής τάσης**

Όσον αφορά τώρα την χαμηλή τάση, τα στοιχεία στην έξοδο είναι τα ακόλουθα:

- **Ονομαστική τάση εξόδου** 24 V DC
- **Τάση λειτουργίας** 28,8 V DC
- **Εύρος τάσης συσσωρευτών** 16,8-32 V DC
- **Ονομαστική ισχύς εξόδου** 10 KW

Οι λειτουργίες χαμηλής τάσης του μετατροπέα περιλαμβάνουν την φόρτιση της συστοιχίας των συσσωρευτών με κατάλληλο φιλτράρισμα των αρμονικών και η τροφοδοσία συσκευών χαμηλής τάσης. Ο μετατροπέας εδώ προστατεύεται από αντιστροφή πολικότητας, ενώ και τα ρεύματα που τον διαρρέουν οφείλουν να υπακούουν σε δύο περιορισμούς:

- **Μία μέγιστη τιμή που αντιστοιχεί στο μέγιστο ρεύμα του μετατροπέα, από άποψη αντοχής των υλικών.**
- **Μία μέγιστη τιμή που αφορά την φόρτιση των μπαταριών σαν συνάρτηση της φόρτισής τους.**

- **Διαγνωστική σήμανση**

Οι μετατροπείς είναι έτσι κατασκευασμένοι ώστε να δημιουργούν σήματα ανάλογα της λειτουργίας τους και να τα αποστέλλουν στα μόνιτορ της καμπίνας του οδηγού.

Η μεταφορά πληροφοριών στην IDU γίνεται μέσω ενός καναλιού (CAN), το οποίο συνδέει τον έλεγχο του βοηθητικού μετατροπέα με την TCU. Στην ουσία δηλαδή, η TCU είναι ένα είδος γέφυρας μεταξύ του ελέγχου του βοηθητικού μετατροπέα με την IDU, μέσω του καναλιού MVB.

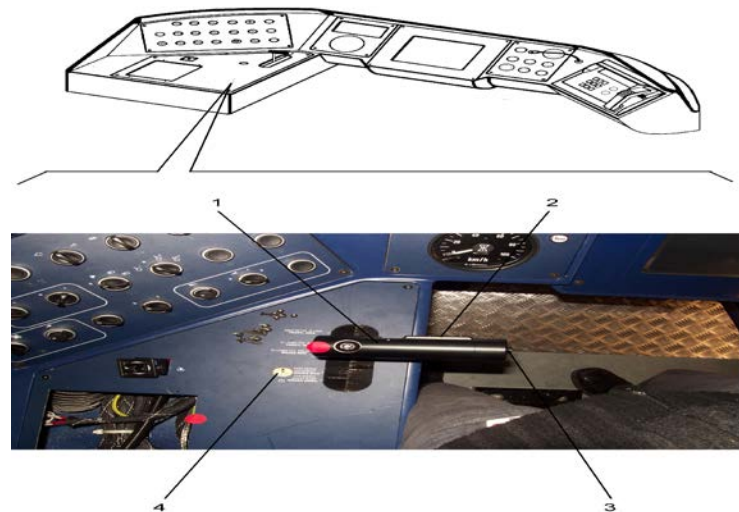
4.4.8 Κονσόλα Οδηγού-Μοχλός χειρισμού

Ο μοχλός πορείας και πέδησης επεξεργάζεται όλα τα στοιχεία ελέγχου σχετικά με την πορεία και την πέδηση.

Η λαβή του μοχλού πορείας και πέδησης ενδοασφαλίζεται μηχανικά με το κλειδί ενεργοποίησης του μοχλού.

Ένας μηχανισμός μετάδοσης επιτρέπει στο μοχλό να ελέγχει την περιστροφή των αξόνων. Οι άξονες ενεργούν επάνω στους μικροδιακόπτες με τη βοήθεια κλειδωμένων έκκεντρων που τοποθετούνται στους άξονες.

Η κίνηση του μοχλού συνδέεται με ένα γωνιακό ηλεκτρο-οπτικό κωδικοποιητή.



1. Μοχλός πορείας / πέδησης
2. Μηχανισμός Νεκρού Ανθρώπου
3. Ηλεκτρικός Σημαντήρας
4. Κλειδί ενεργοποίησης

Εικ. 4-12 Κονσόλα οδήγησης - Μοχλός Πορείας / Πέδησης

Η εισαγωγή και η δεξιόστροφη περιστροφή 90° του κλειδιού ενεργοποίησης προκαλεί τη μεταγωγή δύο μικροδιακοπών που ενεργοποιούνται από το ίδιο το κλειδί.

Ο μοχλός πορείας και πέδησης έχει μια συνολική διαδρομή 78° η οποία υποδιαιρείται ως εξής :

- Τομέας Έλξης
- Νεκρή ζώνη έλξης (από ελεύθερο τροχασμό στην ελάχιστη πέδηση)
- Πορεία (από την ελάχιστη έλξη στη μέγιστη έλξη)

Η επιστροφή του μοχλού στη θέση ελεύθερου τροχασμού εξασφαλίζεται από ένα ελατήριο, το οποίο φέρνει πίσω το μοχλό στη θέση ελεύθερου τροχασμού όταν απελευθερώνεται.

- Τομέας Πέδησης
- Νεκρή ζώνη στη διαδικασία πέδησης (από ελεύθερο τροχασμό σε ελάχιστη πέδηση)
- Πέδηση υπηρεσίας (από την ελάχιστη στη μέγιστη πέδηση)

- Πορεία εκτάκτου ανάγκης (από τη μέγιστη πέδηση στη πέδηση εκτάκτου ανάγκης)

-

Στη ζώνη λειτουργίας του μοχλού υπάρχουν δείκτες θέσης που επιτρέπουν να καθορίζεται η ακριβής θέση του μοχλού πορείας/πέδησης με τρόπο άμεσο και ακριβή, σύμφωνα με τις εντολές που θέλουμε να δώσουμε.

Προκειμένου να βελτιωθεί περαιτέρω η ευαισθησία μετακίνησης του μοχλού και να αποφευχθούν οι λανθασμένες διατάξεις για το συρμό, ο μοχλός χειρισμών στην κονσόλα είναι εξοπλισμένος με δείκτες θέσης με διαφορετική αντίσταση μετακίνησης σύμφωνα με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά :

- **ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΛΞΗ**

Η μέγιστη θέση έλξης καθορίζεται από ένα μηχανικό τέλος διαδρομής που βρίσκεται στο ηλεκτρομηχανικό τμήμα του μοχλού και εμποδίζει τη περαιτέρω περιστροφή του μοχλού.

Αυτή η λύση, η οποία υιοθετείται σε αντικατάσταση της ένδειξης θέσης, επιτρέπει μεγαλύτερη γραμμικότητα κίνησης, ειδικά σε σχέση με την οπισθοδρόμηση του μοχλού.

Εάν ο μοχλός χειρισμών απελευθερωθεί από τον υψηλότερο τομέα της έλξης, αυτός επιστρέφει αυτόματα στη θέση του ελεύθερου τροχασμού.

- **ΕΛΕΥΘΕΡΟΣ ΤΡΟΧΑΣΜΟΣ**

Η θέση του ελεύθερου τροχασμού καθορίζεται από έναν δείκτη θέσης με ακρίβεια. Η ακαμψία της θέσης είναι σκόπιμα χαρακτηρισμένη, επειδή αλλαγή από έλξη σε πέδηση και αντίστροφα, πρέπει να αποφεύγεται. Όταν ο μοχλός πορείας πέδησης απελευθερώνεται από το τομέα μέγιστης έλξης, επιστρέφει αυτόματα στη θέση "Ελεύθερου Τροχασμού".

- **ΜΕΓΙΣΤΗ ΠΕΔΗΣΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ**

Η θέση καθορίζεται από ένα έντονα εμφανή δείκτη θέσης, προκειμένου να αποφευχθεί ανεπιθύμητη πέδηση εκτάκτου ανάγκης. Η αλλαγή στο επίπεδο πέδησης εκτάκτου ανάγκης απαιτεί από τον οδηγό μια αποφασιστική προσπάθεια: ένα σαφές σημάδι της θέλησής του για να ενεργοποιήσει την πέδηση εκτάκτου ανάγκης.

- **ΕΚΤΑΚΤΗ ΑΝΑΓΚΗ**

Στη θέση εκτάκτου ανάγκης αντιστοιχεί ένα μηχανικό στοπ διαδρομής. Ανάλογα με τη λειτουργία που το στοπ διαδρομής καλείται να έχει, είναι εγγυημένη η μέγιστη μηχανική του ανθεκτικότητα προκειμένου να αντέξει τις ιδιαίτερα αποφασιστικές προσπάθειες που εφαρμόζονται επάνω στον μοχλό όταν επιδιώκεται από το χειριστή η θέση πέδησης εκτάκτου ανάγκης. Η θέση πέδησης εκτάκτου ανάγκης είναι μετά τη θέση μέγιστης πέδησης.

Στις ενδιάμεσες θέσεις, μεταξύ της πορείας και της μέγιστης έλξης και μεταξύ της μέγιστης πέδησης και της πέδησης εκτάκτου ανάγκης, η μετακίνηση του μοχλού είναι συνεχής, επειδή κανένας άλλος δείκτης θέσης δεν προβλέπεται και στην έλξη και στους τρόπους πέδησης.

- **ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΝΕΚΡΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ**

Ένα κομβίο, τοποθετημένο στην χειρολαβή του μοχλού πορείας/πέδησης προκαλεί τη διέγερση δύο επαφών η θέση των οποίων ανιχνεύεται από τη συσκευή νεκρού ανθρώπου.

- **ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΣΗΜΑΝΤΗΡΑ**

Ένα κομβίο τοποθετημένο στην χειρολαβή του μοχλού πορείας/πέδησης (δεξιά πλευρά), προκαλεί τη διέγερση μιας επαφής που ενεργοποιεί το ηλεκτρικό σημαντήρα.

4.4.9 Μονάδα ελέγχου έλξης-TCU

Κάθε μετατροπέας ελέγχεται από έναν μικροεπεξεργαστή 32 bit που ονομάζεται TCU. Ο TCU είναι τοποθετημένος στον ίδιο χώρο που υπάρχει και ο μετατροπέας ελέγχου έλξης (TCC), έτσι ώστε να μειώνεται το μήκος καλωδίωσης. Για λόγους αξιοπιστίας, υπάρχουν δύο TCU. Οι TCU μπορούν να επικοινωνούν μέσω ενός καναλιού MVB με την CCU.

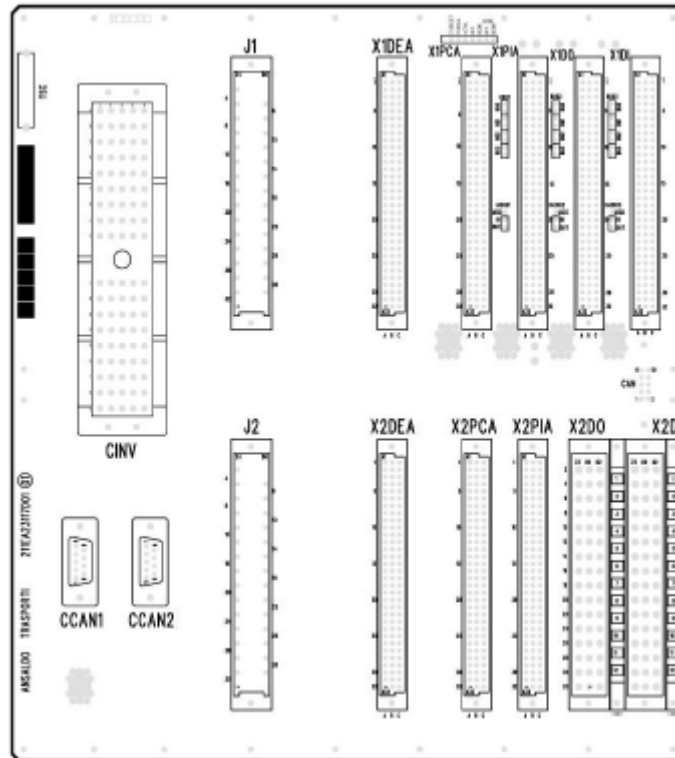
Η μονάδα ελέγχου μετατροπέων αποτελείται από ένα κιβώτιο (*rack*) που περιλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία :

- **Στοιχείο τροφοδοσίας**
- **Κάρτα A.I.A.C.E.** (Μητρική)
- **Κάρτα PCA** (Κάρτα μικροεπεξεργαστών και DSP)
- **Κάρτα DEA** (Διεπαφή δίαυλου οχήματος και διαγνωστικών)
- **Κάρτα PIA** (Διεπαφή και προστασίες μετατροπέα και κινητήριων)
- **Κάρτα DO** (Ψηφιακές έξοδοι ελέγχου ηλεκτρομηχανικών συσκευών)
- **Κάρτα DI** (Ψηφιακές εισαγωγές)

Η κάρτα AIACE είναι η κύρια κάρτα TCU. Είναι μια εξατομικευμένη κάρτα για υποενότητα του παραπάνω κιβωτίου (*subrack*)

Η μητρική είναι όπως ένα μονοκρυσταλλικό PCB με τέσσερις τυπικούς ακροδέκτες του δίαυλου VME και μια σειρά διάφορων επαφών που επικοινωνούν με το εξωτερικό.

Οι άλλες κάρτες της TCU ανταλλάσσουν στοιχεία από τις κάρτες AIACE μέσω των επαφών. Επιπλέον, η κάρτα AIACE χρησιμοποιείται για την ανταλλαγή στοιχείων με εξωτερικούς εξοπλισμούς (βλ. Εικ. 4-13).



Εικ. 4-13-AIACE

Η κάρτα PCA ελέγχει τον εναλλάκτη έλξης, ενσωματώνοντας έναν μικροελεγκτή με μαθηματικό συνεπεξεργαστή με λογική τεχνολογίας FPGA. Είναι μια CPU 32 και 16 bit, με επιδόσεις που επιτρέπουν τη πλήρη ανάπτυξη ελέγχων εκκίνησης που απαιτούν τη διαχείριση σύνθετων αλγορίθμων, όπως οι μετατροπείς τεσσάρων τεταρτημορίων ή οι έλεγχοι των περιοχών προσανατολισμού των εναλλακτών.

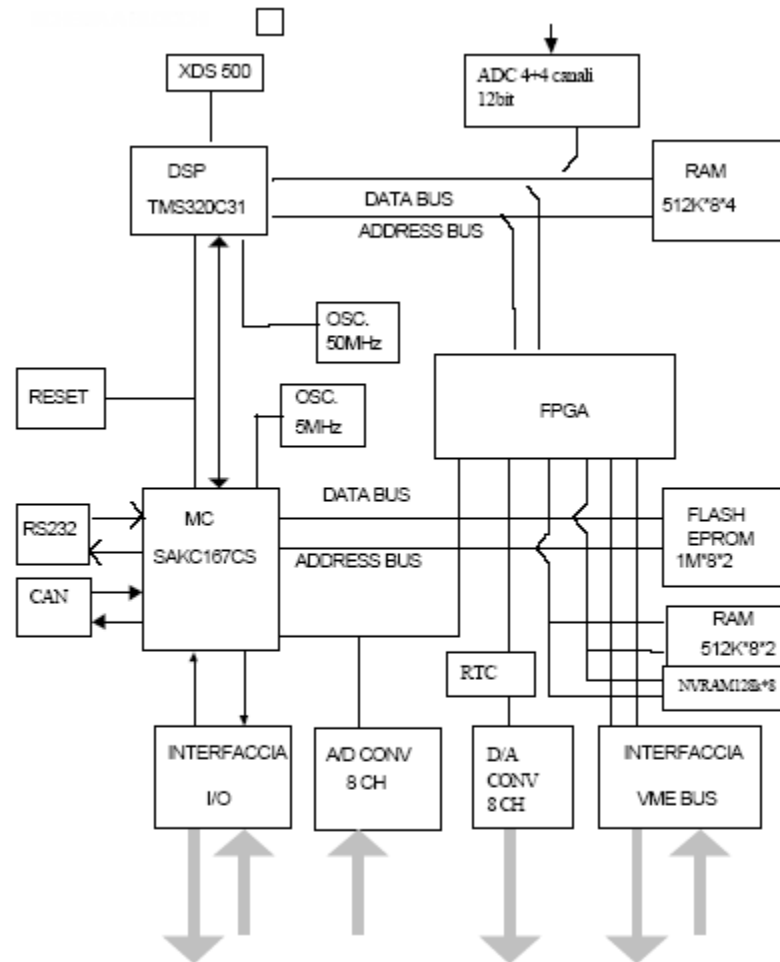
Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των επεξεργαστών είναι τα εξής:

- Texas TMS320C31 Digital Signal Processor - 32 bit
 - **Internal memory** 2k*32
 - **External memory** SRAM 512k*32
 - **Test port** JTAG XDS500
 - Software programmable waiting states

- **Siemens SAKC167CS-32FM7LM microcontroller - 16 bit –**
 - **internal clock** 25MHz

- **Internal memory** IRAM 3k*16 - XRAM 8k*16 -FLASH 256k*16 (only for C167CS-FM)
- **External memory** SRAM 512k*8*2 FLASH EPROM 1M*8*2

Το διάγραμμα της κάρτας αυτής φαίνεται στην παραπάνω εικόνα:



Εικ. 4-14-PCA

Η κάρτα DEA ελέγχει τη διεπαφή MVB-BUS, τη διεπαφή CAN-BUS, το διαγνωστικό προς τον χρήστη (RS485) και τα αναλογικά και ψηφιακά σήματα.

Η κάρτα PIA ολοκληρώνει τις ακόλουθες λειτουργίες:

- **12 αναλογικά κανάλια για τη λήψη των σημάτων των μορφομετατροπέων (συμπεριλαμβανομένων των φίλτρων) και των θερμικών ανιχνευτών.**

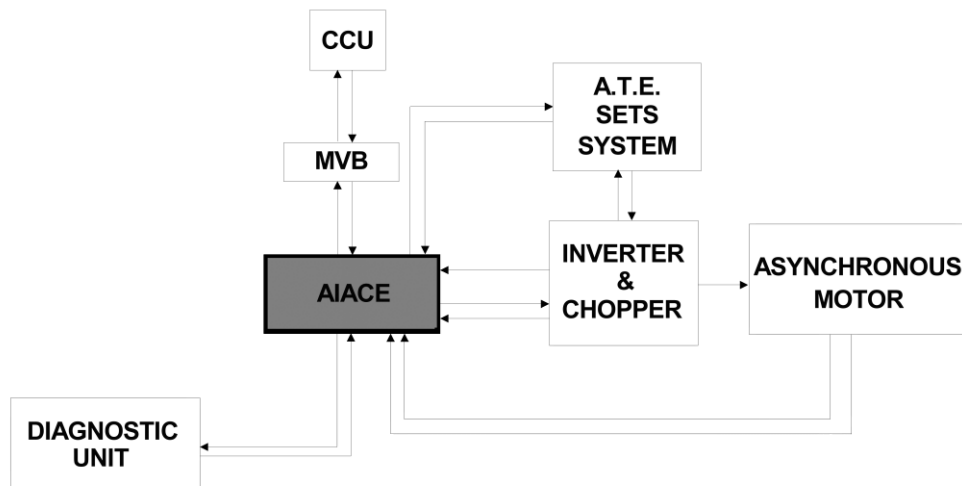
- Εκτέλεση δειγματοληψίας μεγεθών στα 230 kHz
- Τιμή απελευθέρωσης ασφαλειών με προγραμματισμό από λογισμικό
- Κανάλια εισόδου για τα διαγνωστικά των στοιχείων εναλλάκτη ή/και κατατμητή
- Εντολές φάσης και φασική ενεργοποίηση στοιχείων εναλλάκτη ή/και κατατμητή και
- Τροφοδοσία κυκλώματος οδήγησης 4 θερμικών ανιχνευτών τύπου PT100
- 8 κανάλια εισόδου pick-up κατάλληλα τόσο για ενεργό όσο και παθητικό pick-up
- Τροφοδοσία κυκλώματος οδήγησης 4 pick-ups ενεργού τύπου
- Διεπαφή VME BUS
- Πλήρη λειτουργία της λογικής των ασφαλειών
-

Η κάρτα DO είναι μια κάρτα διεπαφών που είναι σε θέση να ελέγξει 19 φορτία τάσης μπαταριών μέσω μιας σειράς συνδέσεων που πραγματοποιούνται μέσω ενός μετωπικού συνδετήρα και επιτρέπουν τη περαιτέρω ανάγνωση της πραγματικής κατάστασης των φορτίων.

Στη κάρτα, υπάρχουν 15 τυποποιημένα κανάλια στα 0.5 A και 4 κανάλια στα 2 A, για τα προβλέπεται η δυνατότητα άμεσης οδήγησης.

Η κάρτα DI είναι μια κάρτα διεπαφών μεταξύ του οχήματος και της TCU. Αυτή η κάρτα είναι σε θέση να λάβει 31 σήματα λογικής στην τάση μπαταριών. Αυτό γίνεται από μια σειρά συνδέσεων που πραγματοποιούνται μέσω του μετωπικού συνδετήρα και για να επιτρέψει την ανάγνωση σημάτων.

Σε μορφή διαγράμματος, η TCU έχει την παρακάτω δομή:



Εικ. 4-15-TCU

Οι κύριες λειτουργίες του TCU είναι οι ακόλουθες:

- **Επεξεργασία αναλογικών σημάτων κα διαχείριση ασφάλειας**

Τα αναλογικά σήματα μετατρέπονται σε ψηφιακά και μεταδίδονται στους μετατροπείς.

- **Έλεγχος του αντιστροφέα**

Ο έλεγχος του ασύγχρονου κινητήρα γίνεται μέσω διανυσματικών πεδίων, γεγονός που απαιτεί τον άμεσο υπολογισμό της ροής του δρομέα και την άμεση προσαρμογή των παραμέτρων του κινητήρα.

Η TCU λαμβάνει την αναφορά δύναμης πορείας/πέδησης από τη κεντρική CCU και λαμβάνοντας υπόψη την επιθυμητή τιμή ροής του ρότορα (που μειώνεται στην ζώνη εξασθένησης), καθορίζει τις δύο συνιστώσες του ρεύματος: το συνεχές ρεύμα που ελέγχει τη ροή του ρότορα και τη συνιστώσα τετραγωνισμού που ελέγχει τη ροπή του κινητήρα στο συγχρονισμένο σύστημα αναφοράς.

- **Έλεγχος πέδης**

Διεξάγει έλεγχο για να διαπιστώσει την δράση της ηλεκτρικής πέδης και να πιστοποιήσει την ασφάλεια έναντι των μεταβατικών τάσεων.

Η μονάδα παραλαμβάνει την τάση εισόδου στον αντιστροφέα. Ύστερα, αποστέλλεται μία παλμοσειρά σταθερής συχνότητας και μεταβλητού κύκλου λειτουργίας στην μονάδα παραγωγής παλμών. Με βάση αυτήν, λειτουργεί η διάταξη πέδης.

- **Λογικός έλεγχος γεννήτριας ελέγχου**

Αυτή η μονάδα παράγει την ακολουθία ελέγχου για τους ημιαγωγούς ελέγχου του αντιστροφέα και του chopper. Αυτά τα σήματα αποστέλλονται στα IGBT.

- **Σήμα ράμπας βαθμιαίας μεταβολής επιτάχυνσης**

Σαν αποτέλεσμα της αλλαγής από κατάσταση έλξης σε κατάσταση πέδης ή σφάλματος, παρέχει αυξομείωση του μεγέθους της τιμής ανάλογη με μία συνάρτηση ράμπας που περιορίζει το jerk στην τιμή αναφοράς. Η τελευταία μπορεί να μεταβάλλεται, αφού εξαρτάται από το λογισμικό ελέγχου.

- **Λειτουργία αντιολίσθησης**

Ο ασύγχρονος κινητήρας αναπτύσσει μία έντονη αντιολισθητική συμπεριφορά, που οφείλεται στην χαρακτηριστική δύναμης-ταχύτητας.

Κάτω από μία δεδομένη συχνότητα, κάθε αλλαγή στην ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα (η οποία εξαρτάται από την ολίσθηση), μειώνει την ροπή στον άξονα. Μέσω μίας διασύνδεσης (BUS), η TCU μεταφέρει την πληροφορία σε μία ολοκληρωμένη μονάδα διάγνωσης (IDU), η οποία προσφέρει την ανάλογη απεικόνιση σε μία οθόνη μέσα στην καμπίνα του οδηγού.

- **Έλεγχος του στατικού εφεδρικού μετατροπέα**

- **Έλεγχος προστασίας:**

- **Μέγιστο ρεύμα φάσης**

- Εάν οι μορφομετατροπείς ανιχνεύσουν μια υπερένταση φάσης, ενεργοποιείται το άνοιγμα του διακόπτη υπερταχείας (Ηλεκτρονόμος).
- Απόκλιση φάσεων
- Εάν μεταξύ δύο ρευμάτων φάσης προκύπτει απόκλιση άνω του επιτρεπόμενου κατώτατου ορίου, ενεργοποιείται το άνοιγμα του διακόπτη υπερταχείας (Ηλεκτρονόμος).
- Υπέρταση φίλτρου :
- Εάν η τάση υπερβεί τα 900 V dc, ο καταταμητής πέδησης διεγείρεται για 100 ms (σε λειτουργία αγωγού εκτόνωσης)
- Εάν η τάση συνεχίζει να αυξάνεται, πρώτα μπλοκάρονται οι παλμούς στις φάσεις και εάν $V > 1050V$ τότε ενεργοποιείται ο διακόπτης υπερταχείας (Ηλεκτρονόμος).
-
- Χαμηλή τάση φίλτρων :
- Εάν η τάση μειωθεί κάτω από τα 370 V dc, ενεργοποιείται ο έλεγχος κυκλωμάτων προφόρτισης των φίλτρων.
-
- Διαγνωστικός θερμοδιακόπτης :
- Εάν ανιχνευθεί υπερθέρμανση στα σώματα εναλλακτών, η CCU ενημερώνεται για να περιορίσει την απόδοση.
-
- Σε περίπτωση οποιασδήποτε βλάβης των καρτών οδήγησης, οι παλμοί αποκλείονται και ενεργοποιείται ο διακόπτης υπερταχείας (Ηλεκτρονόμος).
-
- Όποτε ενεργοποιείται ο ηλεκτρονόμος, ενεργοποιείται ο καταταμητής πέδησης για να διευκολύνει την εκκένωση των πυκνωτών φίλτρου. Παράλληλα με τους πυκνωτές είναι μόνιμα συνδεδεμένες αντιστάσεις που διασφαλίζουν την αποφόρτιση με τρόπο χαμηλότερο από αυτό που απαιτείται για την αφαίρεση των καλυμμάτων πρόσβασης.

○

4.4.10 Σύστημα παρακολούθησης και ελέγχου του συρμού (TCMS)

Το TCMS διαμορφώνεται από τις ηλεκτρικές μονάδες με μικροεπεξεργαστή που ελέγχουν και παρακολουθούν ολόκληρο το όχημα καθώς και το δίαυλο MVB BUS που αποτελεί το κύριο κομβικό σημείο για την επικοινωνία μεταξύ των μονάδων που ανήκουν στο ίδιο όχημα, ενώ ο δίαυλος WTB BUS ελέγχει την επικοινωνία μεταξύ δύο οχημάτων χρησιμοποιώντας το ζευκτήρα .

Τα κύρια αρχιτεκτονικά στοιχεία του TCMS είναι:

- **Δίαυλος MVB BUS**
- **Δίαυλος WTB BUS**
- **Κεντρική μονάδα CCU**
- **Απομακρυσμένη μονάδα UD**
- **Διαγνωστικό μόνιτορ IDU**
- **Μονάδα τηλεχειρισμού (GTW)**

Το TCMS καλύπτει τις ακόλουθες λειτουργίες:

- **Λογική οχήματος (CCU, UD)**

Ελέγχει ολόκληρο το όχημα σχετικά με όλες τις λειτουργίες χρήσης εποπτεύοντας τις λειτουργίες λογικής για τη σωστή επίβλεψη των ηλεκτρομηχανικών συσκευών και για τον έλεγχο και τις εντολές των κυρίων καταστάσεων του οχήματος: Έλξη, Ελεύθερο Τροχασμό και Πέδηση.

○

- **Κεντρική Μονάδα Διάγνωσης οχήματος (IDU)**

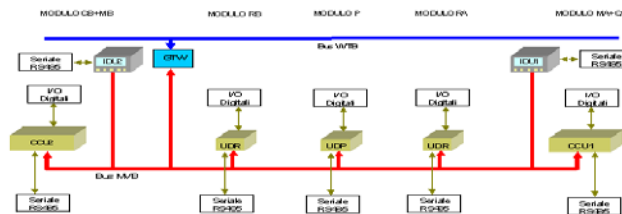
Ελέγχει όχι μόνο τον ηλεκτρικό εξοπλισμό έλξη/πέδησης, αλλά και τα εφεδρικά συστήματα του οχήματος των οποίων η λειτουργία είναι εντούτοις καθοριστική για τη λειτουργία του οχήματος.

○

- **Λογική του συρμού (GTW)**

Ελέγχει την επικοινωνία (remote control) μεταξύ των συνδεδεμένων μέσω ζευκτήρα οχημάτων.

Η διεπαφή μεταξύ του συστήματος ελέγχου και του προσωπικού στη καμπίνα οδήγησης πραγματοποιείται από εντολές στην κονσόλα χειρισμού, σήματα (μοχλός πορείας/πέδησης και συσκευές ελέγχου), και την IDU.



Εικ. 4-16-TCMS

Το TCMS βασίζεται στην εκτεταμένη χρήση της επικοινωνίας μέσω των διαύλων MVB BUS και WTB BUS, μέσω της οποίας η CCU λαμβάνει τις πληροφορίες από τη κονσόλα χειρισμού, οι κατανεμημένες DU λαμβάνουν τις τοπικές πληροφορίες και λειτουργούν ως μεσάζων μεταξύ των συστημάτων των στοιχείων και της CCU, ενώ η IDU ενημερώνεται για τη κατάσταση λειτουργίας των κύριων υπομονάδων/υποσυστημάτων του οχήματος.

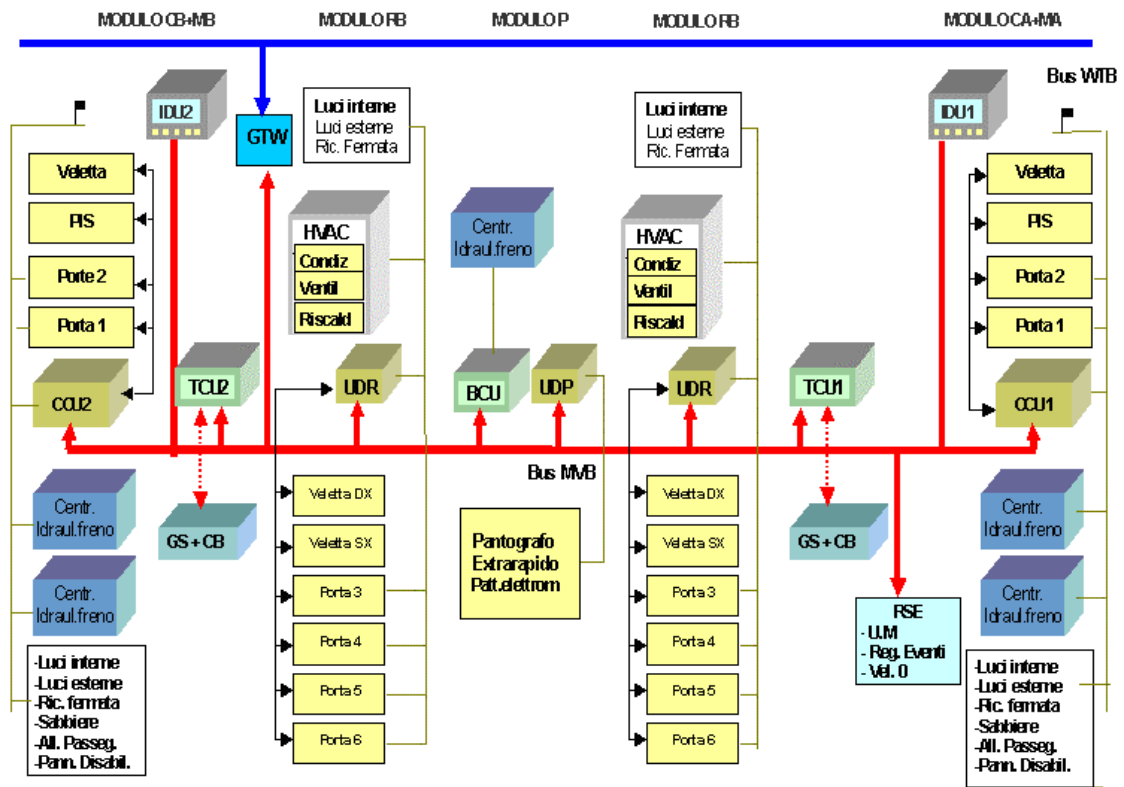
Αμφότερα οι δίαυλοι MVB BUS και WTB επαναλαμβάνονται σε δύο γραμμές A και B οι οποίες μπορούν να λειτουργούν ανεξάρτητα.

Η γενική αρχιτεκτονική των οχημάτων εμφανίζεται στην Εικ 4-15 όπου υποδεικνύονται τα διάφορα υποσυστήματα για κάθε στοιχείο και βρίσκονται τα κύρια κανάλια επικοινωνίας.

Το TCMS ανταλλάσσει στοιχεία και διασυνδέεται με τα συστήματα/εξαρτήματα, με τους ακόλουθους τρόπους:

- Ψηφιακή είσοδο/έξοδο σε τοπική CCU ή με μέθοδο τηλεχειρισμού
- Κονσόλα χειρισμού
- Στοιχείο F+MB κονσόλας οδηγού
- Σύστημα εξαερισμού καμπίνας ή/και χώρου επιβατών
- Ηλεκτρομηχανικό εξοπλισμό
- MVB BUS, του οποίου η CCU είναι ο κύριος εξοπλισμός:

- **TCU1-2** Έλεγχος εκκίνησης
 - **BCU** Έλεγχος ηλεκτροδραυλικής πέδησης
 - **IDU 1-2** Διαγνωστικό μόνιτορ
 - **RSE** Συσκευή Καταγραφής Συμβάντων
 - **GTW** Μονάδα τηλεχειρισμού
- RS485 σειριακή ανταλλαγή σε τοπική (CCU) ή με μέθοδο τηλεχειρισμού (μέσω UD)
 - Θύρες
 - Πινακίδες προορισμού



- Παράλληλη κάρτα I/O
- ↔ Δίαιλος WTB
- ↔ Δίαιλος Οχήματος MVB
- ↔ Σειραϊκή θύρα RS485
- ⋯ Δίαιλος CAN

Εικ. 4-17- Αρχιτεκτονική TCMS

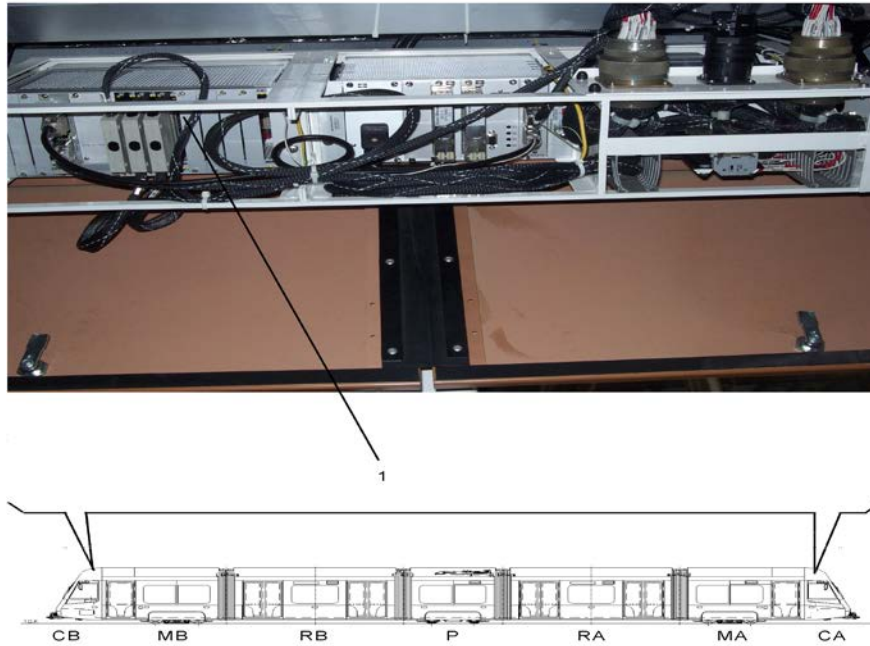
Η CCU βρίσκεται τοποθετημένη στα στοιχεία CA και CB, όπως παραπάνω.

Ο στόχος της CCU είναι να λαμβάνει τις εντολές από τη κονσόλα χειρισμού, τις τοπικές πληροφορίες από τις UD και να ελέγχει όλες τις λειτουργίες χρήσης του οχήματος.

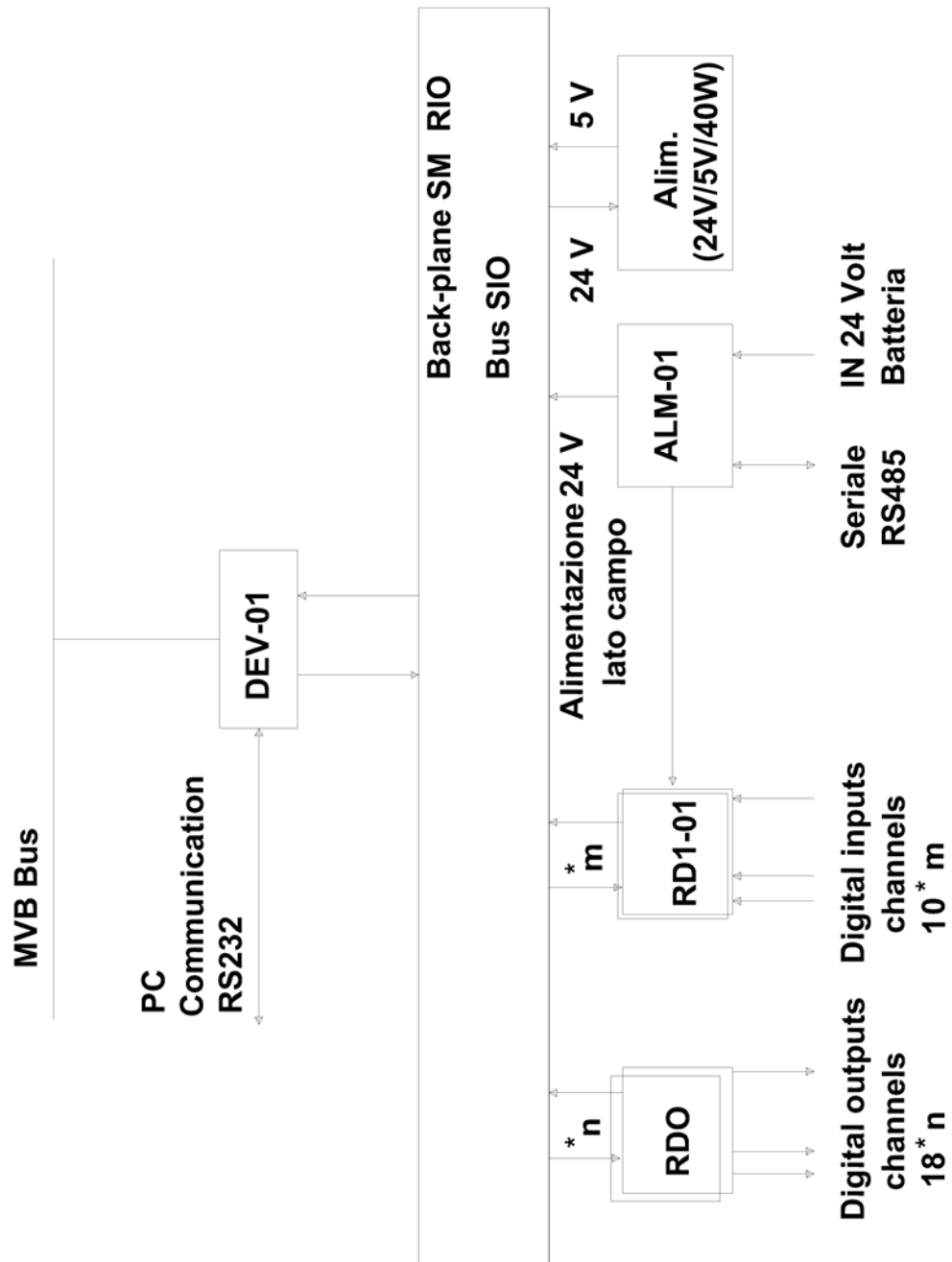
Οι κύριες λειτουργίες της CCU είναι:

- **Λογική οχήματος**
- **Ελέγχει τις ψηφιακές I/O και τις πληροφορίες από και προς το δίαυλο MVB**
- **Μεταδίδει στα συστήματα πρόωσης, μέσω του MVB, τις πληροφορίες που ο χειριστής έχει εισάγει στην κονσόλα.**
- **Εποπτεύει τις λειτουργίες λογικής για τη σωστή διαχείριση του ηλεκτρομηχανικού εξοπλισμού και για τον έλεγχο/εντολή των κύριων καταστάσεων του οχήματος (Έλξης, Ελεύθερου τροχασμού και Πέδησης) συντονίζοντας τη μηχανική και ηλεκτροδυναμική πέδη.**
- **Διαγνωστικά συσκευών**
- **Φροντίζει για την αντιμετώπιση και τον έλεγχο των καταστάσεων έλξης καθώς και για την αποστολή των διαγνωστικών πληροφοριών στην IDU, μέσω του BUS, σχετικά με τη κατάσταση λειτουργίας ή/και τις ανωμαλίες και τις βλάβες που αφορούν στα ελεγχόμενα συστήματα.**
- **Αυτόματη διάγνωση**
- **Φροντίζει για την ανάλυση λειτουργίας των επιμέρους καρτών και τη μετάδοση των διαγνωστικών πληροφοριών στη IDU μέσω του BUS.**
- **Εφεδρεία**
- **Υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας, όταν το σύστημα είναι ενεργοποιημένο, μία από τις δύο CCU εκπληρώνει το ρόλο του κυρίου δίαυλου MVB bus, επομένως παίρνει τον έλεγχο του συστήματος.**

- Σε περίπτωση βλάβης στη CCU που αντικαθιστά προσωρινά τη κύρια, η άλλη CCU παίρνει τον έλεγχο του συστήματος.



Εικ. 4-18- Θέση CCU



Εικ. 4-19- Διάγραμμα CCU

Τα διάφορα UDs που τοποθετούνται στα στοιχεία επιβατών RA και RB, στο στοιχείο στήριξης P, λειτουργούν σαν διασύνδεση μεταξύ των συστημάτων των στοιχείων και της κεντρικής μονάδας (CCU).

Οι κύριες λειτουργίες των UDs είναι:

- **Έλεγχος εισόδου**

Κτήση τοπικών ψηφιακών εισερχόμενων δεδομένων και μετάδοση στο CCU μέσω του MVB Bus

- **Έλεγχος εξόδου**

Οδήγηση εξόδου ανάλογα με τις εντολές του CCU που αποκτούνται μέσω του MVB Bus

- **Αυτόματη διάγνωση**

Επιτρέπει την ανάλυση λειτουργίας των μεμονωμένων καρτών και τη μετάδοση στο CCU και το IDU των διαγνωστικών πληροφοριών που έχουν ληφθεί, μέσω του δίαυλου Bus.

Η μονάδα GTW ελέγχει την ανταλλαγή των δεδομένων και των εντολών μεταξύ δύο ή περισσότερων συνδεδεμένων οχημάτων (τηλεχειρισμό).

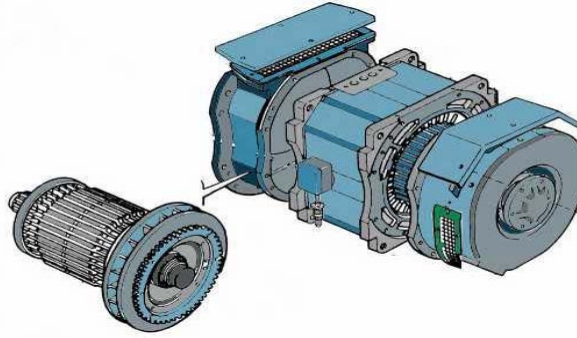
Συγκεκριμένα, επιτρέπει στο όχημα, με ενεργοποιημένη τη κονσόλα χειρισμού, να ελέγξει τις λειτουργίες χρήσης (π.χ. έλξη, πέδηση) του εκάστοτε συνδεδεμένου οχήματος του οποίου η κονσόλα δεν είναι ενεργοποιημένη.

Επιπλέον, η GTW επιτρέπει τη διαγνωστική παρακολούθηση όλου του συρμού σε επίπεδο ενεργοποιημένων κονσολών.

4.4.11 Κινητήρας έλξης

Στην παρούσα εφαρμογή χρησιμοποιείται το σύστημα MTA-A4-106 V. Κάθε κινητήριο βαγόνι είναι εφοδιασμένο με 2 ασύγχρονους τριφασικούς κινητήρες βραχυκυκλωμένου κλωβού, των οποίων η κατασκευή, η μόνωση και τα υλικά εξασφαλίζουν υψηλή αξιοπιστία και ενσωματώνουν τις τελευταίες τεχνολογικές εξελίξεις.

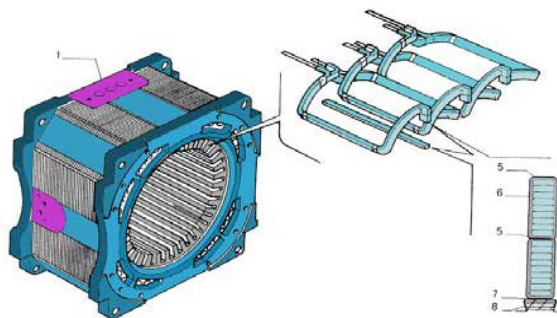
- **Κατασκευαστικά στοιχεία**



Ο κινητήρας δεν περιέχει πλαίσιο, ενώ περιλαμβάνει έναν μαγνητικό ατσάλινο δακτύλιο και δύο δακτυλίους πιεσμένους στον πυρήνα και κατασκευασμένους από μεταλλικό δίσκο. Αυτά είναι έτσι διαστασιολογημένα ώστε να αντέχουν τις δυναμικές τάσεις που προέρχονται από την ανάρτηση και την μετάδοση.

Οι πυρήνες του στάτη και του δρομέα αποτελούνται από λεπτά μαγνητικά φύλλα πάχους 0,5 mm και μονωμένων, ώστε να παρουσιάζουν τις ελάχιστες απώλειες. Οι μεταλλικοί δίσκοι του στάτη παρουσιάζουν κάποιες οπές, που χρησιμεύουν για την ψύξη του άξονα, ενώ οι δίσκοι του δρομέα παρουσιάζουν επιπλέον και μία κεντρική οπή, ώστε να στηρίζεται ο άξονας.

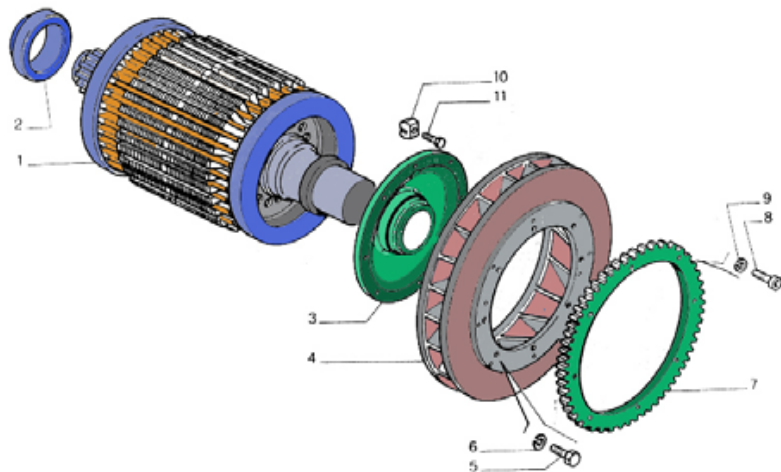
Το μέγεθος των τυλιγμάτων λαμβάνει υπόψη τις συνθήκες τροφοδοσίας, όπως το περιεχόμενο σε αρμονικές.



Τα τυλίγματα του στάτη αποτελούνται από μονωμένες μπάρες χαλκού, ενώ το μοναδικό τύλιγμα του δρομέα είναι ένας κλωβός από χάλκινες μπάρες τετραγωνικής διατομής.

Όσον αφορά την μόνωση, αυτή περιλαμβάνει την μόνωση μεταξύ των αγωγών, την μόνωση των τυλιγμάτων ως προς γη και την του συνδυασμού όλων των μονωμένων υλικών με ρετσίνα, μέσω μίας διαδικασίας που λαμβάνει χώρα σε συνθήκες κενού.

Ο ασάλινος άξονας έχει τις κατάλληλες διαστάσεις ώστε να μεταδίδει την μέγιστη ροπή και να αντέχει στις δυναμικές καταπονήσεις, μόνο με ελάχιστες παραμορφώσεις.



Ο κινητήρας είναι μία αυτοψυχόμενη κατασκευή. Ο αέρας που απορροφάται από έναν εσωτερικό ανεμιστήρα κατευθύνεται μέσα στην μηχανή, με αξονική ροή διαμέσου των οπών που υπάρχουν στους πυρήνες του στάτη και του δρομέα.

- **Τεχνικά χαρακτηριστικά**
 - **Τύπος κινητήρα** **MTA-A4-106 V**
 - **Αριθμός πόλων** **4**
 - **Σύνδεση φάσεων** **Αστέρας**
 - **Πολική τάση τετραγωνικής κυματομορφής** **562 V AC**
 - **Μέγιστη συχνότητα τροφοδοσίας** **132.7 Hz**
 - **Ονομαστική ισχύς** **106 KW**
 - **Θερμική κλάση** **200**

4.4.12 Συστοιχία συσσωρευτών

Υπάρχουν δύο τέτοιες συστοιχίες, οι οποίες έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- **Τύπος** NiCd
- **Ονομαστική τάση** 24 V DC
- **Χωρητικότητα συσσωρευτή** 70 Ah
- **Αριθμός συσσωρευτών ανά όχημα** 2

Οι συσσωρευτές διαστασιολογούνται με βάση τις χρήσεις χαμηλής τάσης και είναι τέτοιας χωρητικότητας, ώστε να εξασφαλίζεται η αυτονομία για βοηθητικές υπηρεσίες όπως:

- **Εξωτερικός και εσωτερικός φωτισμός**
- **Ραδιοεπικοινωνίες**
- **Κλιματισμός καμπίνας οδηγού**

Οι συσσωρευτές είναι και αυτοί τοποθετημένοι στην οροφή του οχήματος, κοντά στους μετατροπείς που είναι επιφορτισμένοι με την φόρτιση της συστοιχίας.

4.4.13 Βοηθητικός εξοπλισμός

- **Σύστημα συναγερμού:**

Ενεργοποιείται με την βοήθεια μίας σφραγισμένης χειρολαβής, η οποία βρίσκεται δίπλα από κάθε πόρτα. Όταν ενεργοποιηθεί ο συναγερμός, παράγεται ένα ακουστικό σήμα και μία ειδοποίηση στην καμπίνα του οδηγού, τα οποία παύουν αμέσως όταν η χειρολαβή επανέλθει στην θέση της και αφού έχει εφαρμοστεί η μέγιστη δυνατή επιβράδυνση του οχήματος.

- **Χειρολαβή παρουσίας οδηγού:**

Εξυπηρετεί για να ελέγχει την ενεργή παρουσία του οδηγού, για να αποφευχθούν επικίνδυνες καταστάσεις που μπορεί να προκύψουν όταν ο οδηγός χάσει τον έλεγχο του οχήματος.

Πρόκειται στην ουσία για μία διάταξη που περιλαμβάνει δύο ανεξάρτητους αισθητήρες ταχύτητας τοποθετημένους στους τροχούς, μία μονάδα επεξεργασίας, ένα ηχείο, έναν αισθητήρα που βρίσκεται στην λαβή οδήγησης και μία φωτεινή ένδειξη ενεργοποίησης της λειτουργίας.

Ο αισθητήρας όταν είναι πιεσμένος δεν ενεργοποιεί το σύστημα. Όταν όμως δεν είναι πιεσμένος και το όχημα βρίσκεται σε κίνηση, ενεργοποιεί την διαδικασία. Ανάβει η φωτεινή ένδειξη και μετά από ένα διάστημα 2 sec (το οποίο μπορεί να ρυθμιστεί να είναι μεγαλύτερο ή μικρότερο), ενεργοποιείται η ηχητική ειδοποίηση. Μετά από ακόμα δύο δευτερόλεπτα, ξεκινάει η διαδικασία πέδησης μέχρι την ακινητοποίηση του οχήματος.

▪ **Στατικός καταγραφέας γεγονότων:**

Είναι μία συσκευή η οποία είναι επιφορτισμένη με την καταγραφή των χιλιομέτρων που διανύονται, χωρίς δυνατότητα επανάθεσης, της ταχύτητας και των διαφόρων γεγονότων που συμβαίνουν μέσα στο όχημα, όσον αφορά την οδηγική συμπεριφορά.

Είναι εφοδιασμένο με μία κεντρική μονάδα επεξεργασίας, 1 ταχύμετρο, έναν μετρητή αποστάσεων, δύο αισθητήρες ταχύτητας και μία οθόνη. Τα γεγονότα καταγράφονται σε μία μνήμη SRAM, η οποία μπορεί να επανεγγραφεί πολλές φορές, ενώ μπορεί και να εξαχθεί από την συσκευή, έτσι ώστε να γίνει επεξεργασία των δεδομένων.

Ο καταγραφέας λοιπόν μπορεί να προσφέρει πληροφορίες για την ταχύτητα του οχήματος, να επιτελέσει λειτουργίες σχετικές με την λειτουργία του, όπως αυτοδιαγνώσεις, καθώς επίσης επικοινωνεί με τον οδηγό του οχήματος, παρέχοντάς του κατάλληλες πληροφορίες.

▪ **Συσκευή μηδενικής ταχύτητας**

Είναι μία συσκευή που επιτρέπει το άνοιγμα των θυρών, όταν η ταχύτητα του οχήματος είναι κάτω από 4 km/h. Για αυτόν τον σκοπό, χρησιμοποιεί τους δύο αισθητήρες ταχύτητας που είναι τοποθετημένοι στους τροχούς. Όταν λοιπόν οι δύο αισθητήρες υποδεικνύουν ταχύτητα κάτω από το προαναφερθέν όριο, ενεργοποιούν κάποια ρελαί. Αυτά τα ρελαί, κλείνουν με την σειρά τους τις επαφές τους, με αποτέλεσμα να είναι δυνατό το άνοιγμα των θυρών, εφόσον δώσει ανάλογη εντολή ο οδηγός του οχήματος.

Αυτή η συσκευή αποτελεί μέρος του στατικού καταγραφέα και βρίσκεται εντός αυτού.

4.5 Σύστημα κλιματισμού

Γενικά, το σύστημα κλιματισμού περιλαμβάνει τα παρακάτω στοιχεία:

- **Δύο μονάδες στην οροφή του οχήματος, κάθε μία από τις οποίες περιλαμβάνει συμπιεστή-εναλλάκτη θερμότητας.**
- **Πέντε ομάδες διανομής του αέρα, τοποθετημένες στην οροφή της καμπίνας των επιβατών.**
- **Μία ομάδα διανομής του αέρα στην καμπίνα του οδηγού.**
- **Υδραυλικό δίκτυο διανομής τοποθετημένο κατά μήκος του οχήματος.**

Το σύστημα χρησιμοποιεί ένα ενδιάμεσο υγρό (νερό ή γλυκόλη), το οποίο αφού θερμανθεί ή ψυχθεί από τις μονάδες της οροφής, αποστέλλεται στις ομάδες διανομής. Αυτές τροφοδοτούν παράλληλα το δίκτυο διανομής. Στην συνέχεια, το ενδιάμεσο υγρό περνάει από εναλλάκτες θερμότητας, οι οποίοι μεταδίδουν την θερμοκρασία του υγρού στον αέρα. Αυτός έπειτα εξαναγκάζεται σε κίνηση μέσω ανεμιστήρων, επιτελώντας τον κλιματισμό των χώρων.

- **Μονάδα συμπιεστή-εναλλάκτη**

Αυτή είναι μία ενιαία κατασκευή, που τοποθετείται στην οροφή του οχήματος και έχει σαν σκοπό να παράξει την απαιτούμενη θερμότητα. Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται μία σχηματική αναπαράσταση αυτής της κατασκευής.

Για την ψύξη του ενδιάμεσου υγρού, κάθε μονάδα είναι εξοπλισμένη με δύο κυκλώματα ψύξης, των οποίων η λειτουργία γίνεται σύμφωνα με τον κύκλο συμπίεσης-εκτόνωσης του υγρού R134A. Το καθένα από τα κυκλώματα είναι τοποθετημένο πάνω σε μία πλάκα, και το σύνολό τους σχηματίζουν έναν εναλλάκτη θερμότητας, ο οποίος ψύχει το ενδιάμεσο υγρό.

Το ενδιάμεσο υγρό κυκλοφορεί μέσα στο κύκλωμα με την βοήθεια μίας φυγόκεντρης αντλίας, η οποία θα αναλυθεί αργότερα.

Είπαμε προηγουμένως ότι οι μονάδες αυτές τροφοδοτούν εν παραλλήλω το σύστημα διανομής. Αυτό επιτρέπει στα συστήματα να συνεισφέρουν σε ψύξη ή σε θέρμανση ταυτόχρονα τόσο στον χώρο των επιβατών, όσο και στον χώρο του οδηγού. Επίσης, σε περίπτωση βλάβης της μίας διάταξης, είναι σε θέση να αναλάβει το φορτίο του κλιματισμού η άλλη, στον μεν χώρο των επιβατών κατά ημιμοιόμορφο τρόπο, στην δε καμπίνα του οδηγού κατά 50% περίπου .

Στον χώρο των επιβατών υπάρχουν 8 ανεμιστήρες, τοποθετημένοι στην ψευδοροφή του οχήματος. Από αυτούς, από αυτούς, οι 2 τραβάνε αέρα από το περιβάλλον και οι 6 ανακυκλώνουν τον αέρα του οχήματος. Με αυτόν τον τρόπο, μπορούν να επιτευχθούν ανεξάρτητες λειτουργίες, όπως η θέρμανση, η ψύξη και ο εξαερισμός, όταν ο κλιματισμός δεν λειτουργεί. Οι ανεμιστήρες κινούνται με την βοήθεια μία μονοφασικής μηχανής

Φυσικά, για όλα αυτά έχει ληφθεί μέριμνα για να μην εισέρχεται στον εξοπλισμό νερό ή χιόνι.

Στον χώρο του οδηγού, υπάρχει ένας ανεμιστήρας. Εκεί, εισέρχεται αέρας από το περιβάλλον, αφού πρώτα φιλτραριστεί, είτε από το εσωτερικό του οχήματος. Τα δύο αυτά ρεύματα αέρα, αφού αναμιχθούν, εξαναγκάζονται σε ροή από τον ανεμιστήρα και αφού περάσουν από έναν εναλλάκτη θερμότητας, περνάνε στην καμπίνα σε δύο κατευθύνσεις, στο ανώτερο και κατώτερο μέρος της καμπίνας. Έτσι, και σε αυτήν την περίπτωση έχουμε την ανεξάρτητη λειτουργία της θέρμανσης, της ψύξης και του εξαερισμού. Ο εξαερισμός σε αυτόν τον χώρο κινείται από έναν κινητήρα, ο οποίος τροφοδοτείται από την συστοιχία των μπαταριών. Έτσι εξασφαλίζεται η αδιάλειπτη τροφοδοσία του.

- **Λειτουργία ρύθμισης**

Η αναγκαιότητα για ρύθμιση προκύπτει από το γεγονός ότι τόσο ο εξαερισμός, όσο και ο κλιματισμός χρησιμοποιούν κοινό δίκτυο διανομής. Έτσι, πρέπει να είναι δυνατός ο ανεξάρτητος έλεγχός τους.

Για να επιτευχθεί αυτή η λειτουργία, χρησιμοποιείται μία σωληνοειδής βαλβίδα.

Η θερμοκρασία ελέγχεται από την καμπίνα του οδηγού. Από εκεί και έπειτα, αφού έχει επιλεχθεί η επιθυμητή τιμή θερμοκρασίας, διατηρείται εκεί με την βοήθεια ενός θερμοστάτη.

Τελειώνοντας με τον κλιματισμό, πρέπει να αναφέρουμε πως το σύστημα του κλιματισμού είναι σχεδιασμένο σύμφωνα με τα πρότυπα prEN13129-3 και Standard 90.1-2001 ASHRAE.

Συνοψίζοντας, τα κύρια χαρακτηριστικά του συστήματος είναι:

- Ψυκτικό υγρό	R134a
- ILF	Αντιψυκτικό διάλυμα (νερό 70% – γλυκόλη 30%)
- Δύναμη θέρμανσης	44 kW
- Δύναμη ψύξης (έξοδο)	76 kW max
- Συνολική ροή αέρα	11200 m ³ /h (διαμέρισμα επιβατών)
- Ροή φρέσκου αέρα	2800 m ³ /h (διαμέρισμα επιβατών)
- Ικανότητα ροής ILF	2 X 8000 liter/h
- Ονομαστική θερμοκρασία ILF	10°C Ψύξη - 55°C Θέρμανση
- Ροή αέρα συμπυκνωτών	6500 m ³ /h (κάθε μονάδα οροφής)
- Απόδοση σε πλήρη λειτουργία :	
-Θερμαντική απόδοση διαμερίσματος επιβατών	0°C εξωτερική. → 22°C εσωτερική (φορτίο απόβαρο)
- Θερμαντική απόδοση καμπίνας οδηγού	-5°C εξωτερική → +18°C εσωτερική
- Ψυκτική απόδοση διαμερίσματος επιβατών	35°C/RH=40%εξωτερική→ 25°C εσωτερική σε όρο φορτίου W2
- Ψυκτική απόδοση διαμερίσματος επιβατών	35°C/RH=40%εξωτερική→ 30°C εσωτερική σε όρο φορτίου W3
- Ψυκτική απόδοση καμπίνας οδηγού	40°C/RH=40%εξωτερική→ 32°C εσωτερική

4.6 Εγκατάσταση θυρών

Κάθε όχημα είναι εφοδιασμένο με 6 θύρες σε κάθε πλευρά, 4 από τις οποίες είναι δύο φύλλων και 2 μονόφυλλες. Η πλάγια ολίσθηση ελέγχεται ηλεκτρικά από το χειριστήριο του οδηγού, ενώ η κύλιση γίνεται πάνω σε οδηγούς που βρίσκονται στην πάνω και κάτω πλευρά του ανοίγματος.

Οι θύρες μπορούν να ανοίξουν μόνο όταν η ταχύτητα του οχήματος είναι κάτω από 4 km/h. Το όχημα μπορεί να ξεκινήσει να κινείται μόνο όταν όλες οι πόρτες είναι κλειστές και κλειδωμένες με μηχανικό τρόπο. Παρόλα αυτά, υπάρχει η δυνατότητα να παρακαμφθεί αυτό το χαρακτηριστικό από τον οδηγό και το όχημα να κινείται με όλες τις πόρτες ανοιχτές, όταν παρουσιαστεί ανάγκη. Αυτό το γεγονός βεβαίως σε καταγράφεται στις λογικές ελέγχου. Ο απαιτούμενος χρόνος για το άνοιγμα και κλείσιμο των θυρών είναι λιγότερος από 4 sec. Το ακουστικό σήμα που υποδεικνύει το κλείσιμο της θύρας γίνεται αντιληπτό τόσο στο εσωτερικό όσο και στο εξωτερικό του οχήματος. όλες οι προαναφερόμενες διαδικασίες που αφορούν την λειτουργία των θυρών σε κανονική λειτουργία και σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης υπακούουν στο πρότυπο UNIFER 8882.

Το άνοιγμα που αφήνουν οι θύρες είναι σε ύψος 2 μέτρα και σε πλάτος 1,3 μέτρα για τις θύρες με δύο φύλλα και 0,9 μέτρα για πόρτες μονού φύλλου.

Κάθε πόρτα είναι εφοδιασμένη με μία μονάδα ελέγχου που περιέχει μικροεπεξεργαστές και έναν μηχανισμό οδήγησης. Ο τελευταίος αποτελείται από έναν ηλεκτρικό κινητήρα 24 V DC με μόνιμους μαγνήτες, μία σχέση μετάδοσης και ένα τηλεσκοπικό μέσο κίνησης. Επίσης, είναι εφοδιασμένη και με οριακούς διακόπτες, οι οποίοι δίνουν πληροφορίες για την τρέχουσα κατάσταση της πόρτας. Αυτοί δίνουν την απαραίτητη πληροφορία για το κλείσιμο των θυρών, και άρα δίνουν το κατάλληλο σήμα ελέγχου για την εκκίνηση του οχήματος.

Στην περίπτωση τώρα που παγιδευτεί ένα αντικείμενο μεταξύ των φύλλων, το σύστημα ανίχνευσης ενεργοποιεί το άνοιγμα της θύρας και αφού περάσει κάποιος συγκεκριμένος χρόνος, η πόρτα θα προσπαθήσει να ξανακλείσει δύο φορές. Σε περίπτωση τώρα αποτυχίας λειτουργίας της, η θύρα μπορεί να απομονωθεί ηλεκτρικά ή μηχανικά.

4.7 Πληροφοριακή και διαγνωστική αρχιτεκτονική

Η διασύνδεση μεταξύ των διαφόρων συσκευών που συνεισφέρουν στην λογική του οχήματος γίνεται μέσω του καναλιού MVB. Ο ρόλος τώρα της κεντρικής μονάδας CCU συνίσταται στην συλλογή, διαχείριση και μεταφορά των σημάτων ελέγχου που αποστέλλει ο οδηγός από το χειριστήριο που είναι εγκατεστημένο στην καμπίνα του.

Για να εξασφαλιστεί η απρόσκοπτη λειτουργία, υπάρχουν στην ουσία δύο κεντρικές μονάδες ελέγχου, η CCU1 και CCU2. Κάτω από τις συνήθεις συνθήκες λειτουργίας, την διαχείριση αναλαμβάνει η μία μονάδα. Όταν συμβεί σε αυτήν μία βλάβη, τότε αναλαμβάνει τον έλεγχο η άλλη. Κατά την διάρκεια αυτής της αλλαγής, το σύστημα εξασφαλίζει την απρόσκοπτη και χωρίς παρεμβολές διατήρηση της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών.

Οι μονάδες ελέγχου με την βοήθεια του MVB, εκτελούν τις παρακάτω λειτουργίες:

- **Συλλογή των σημάτων ελέγχου που έρχονται από τον οδηγό.**
- **Συντονισμός της μηχανικής με την ηλεκτροδυναμική πέδη.**
- **Διαχείριση των επικοινωνιών μέσω του BUS.**
- **Παραγωγή σημάτων ροπής προς μετάδοση μέσω του BUS στον έλεγχο των συστημάτων. Αυτά τα σήματα είναι ανάλογα της γωνίας του άξονα του χειριστηρίου έλξης/πέδης που βρίσκεται στο χειριστήριο του οδηγού.**
- **Πραγματοποίηση όλων των αυτοματισμών του οχήματος.**

Κάθε μετατροπέας και διακόπτης πέδησης ελέγχονται από έναν επεξεργαστή 32 bit που ονομάζεται TCU. Αυτός επικοινωνεί με την CCU μέσω του MVB.

Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική και χρήση για το MVB έχει τον ακριβή σκοπό να απαλλαγεί η αλυσίδα μετάδοσης σημάτων από αστοχίες, έτσι ώστε να επιτευχθεί η πλήρης λειτουργικότητα του συστήματος, ακόμα και όταν κάποια συσκευή δεν λειτουργεί. Τέτοια απώλεια λειτουργίας μπορεί να συμβεί όταν:

- **Υπάρχει σφάλμα στα μεταδιδόμενα στοιχεία.**

- **Βραχυκυκλώσει ή διακοπεί το σύστημα μετάδοσης.**
- **Συνεχής μετάδοση από έναν χαλασμένο μεταδότη.**
- **Δομικό σφάλμα**
- **Άρνηση πρόσβασης στο κανάλι επικοινωνίας.**

Για να επιτευχθεί τώρα η επικοινωνία μεταξύ δύο βαγονιών, είναι απαραίτητη η χρήση ενός δεύτερου μέσου επικοινωνίας, του WTB. Αυτό αποτελείται από δύο βρόχους και συμμορφώνεται με το πρότυπο IEC 61375. Η διασύνδεση του WTB με το BUS γίνεται σε δύο σημεία, τα οποία ονομάζονται GTW1 και GTW2.

Όπως γίνεται κατανοητό λοιπόν από τα παραπάνω, τα σημεία εκείνα με τα οποία επικοινωνεί η CCU είναι τα εξής:

- **TCU**
- **Μονάδα ελέγχου ηλεκτροϋδραυλικής πέδης (BCU3)**
- **Βοηθητικοί μετατροπείς**
- **Χειριστήριο οδηγού**
- **Ηλεκτρομηχανικές συσκευές**
- **Πόρτες**
- **Κλιματισμός**

Οι λειτουργίες που είναι οι πιο σημαντικές για το όχημα, καθώς και αυτές που έχουν να κάνουν με την ασφάλεια, μεταδίδονται μέσω συστήματος καλωδίων, χωρίς να χρησιμοποιείται καθόλου του BUS.

Όσον αφορά το διαγνωστικό σύστημα τώρα, αυτό επιτελεί τις παρακάτω λειτουργίες:

- **Προσφέρει βοήθεια στον οδηγό, υποδεικνύοντας τις ενέργειες που πρέπει να γίνουν έτσι ώστε να αποκατασταθεί η λειτουργικότητα μετά από μία βλάβη.**

- Προσφέρει επίσης βοήθεια στην ομάδα συντήρησης, έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο απαιτούμενος χρόνος για την αποκατάσταση της βλάβης.
- Προσφέρει βοήθεια στους εμπειρογνώμονες, όσον αφορά την έρευνα για τα αίτια μίας βλάβης.

Το διαγνωστικό σύστημα απαρτίζεται από το σύστημα οχήματος, το φορητό σύστημα, το σύστημα των φρένων και τον σταθερό εξοπλισμό του εργαστηρίου.

Το σύστημα οχήματος είναι τοποθετημένο στην οροφή του βαγονιού, έτσι ώστε να είναι εύκολα προσβάσιμο. Έχει συγκεντρωμένη δομή, έτσι ώστε να μπορεί να απεικονίζει στις οθόνες όχι μόνο τις κύριες, αλλά και τις βοηθητικές λειτουργίες. Αυτό επιτυγχάνεται με την βοήθεια της κεντρικής διαγνωστικής μονάδας (IDU).

Αυτή η μονάδα είναι τοποθετημένη στην καμπίνα του οδηγού και αποτελείται από τα παρακάτω μέρη:

- **TFT οθόνη**
- **Οθόνη αφής για χειροκίνητη εισαγωγή δεδομένων**
- **PC**
- **Μία διαδραστική επιφάνεια MVB**
- **Μία διασύνδεση Ethernet**
- **Ένα σύστημα απεικόνισης θερμοκρασίας**
- **Μία ξεχωριστή παροχή ισχύος DC/DC.**

Η IDU αυτό που κάνει είναι να κωδικοποιεί και να αποθηκεύει τις πληροφορίες που έρχονται από το όχημα σε έναν Flash δίσκο.

Οι πληροφορίες αυτές ταξινομούνται σαν συναγερμοί, βλάβες ή κατάσταση. Τα στοιχεία που αποθηκεύονται μαζί με αυτές είναι η στιγμή της εμφάνισής τους, η συσκευή από την οποία προήλθαν, η ταυτοποίηση του είδους της πληροφορίας και η κωδικοποίηση παρουσίας της στο χειριστήριο οδηγού. Όταν βέβαια αποκατασταθεί η αιτία του σήματος, παύει να υπάρχει και η οπτική ένδειξη στο χειριστήριο του οδηγού.

Η επιλογή για την αποθήκευση είναι μνήμη Flash, γιατί δεν απαιτεί για την λειτουργία της ηλεκτρική τροφοδοσία. Έτσι, αυξάνεται η αξιοπιστία του συστήματος, μειώνοντας τον κίνδυνο απώλειας των πληροφοριών.

Κατασκευαστικά, το διαγνωστικό σύστημα είναι κατανεμημένο, πράγμα που σημαίνει πως κάθε λογική μονάδα (TCU, κλπ.), είναι εφοδιασμένη με μία μονάδα αυτοδιάγνωσης, η οποία επεξεργάζεται τις καταστάσεις της ελεγχόμενης πληροφορίας και την αποστέλλει κάθε στιγμή στην IDU. Έτσι, το σύστημα εφοδιάζεται κάθε στιγμή με τις κατάλληλες πληροφορίες που αφορούν την σωστή λειτουργία του.

Το φορητό σύστημα ελέγχου (PTU) έχει σαν σκοπό την τοπική αντιμετώπιση της βλάβης, παρέχοντας τις απαραίτητες πληροφορίες για την επισκευή του κατάλληλου εξαρτήματος, αποφεύγοντας έτσι τυχόν άσκοπες επιδιορθώσεις και αντικαταστάσεις εξοπλισμού που μπορούν να αυξήσουν το κόστος της συντήρησης. Επίσης, το PTU έχει την δυνατότητα της διασύνδεσης με την IDU, έτσι ώστε να μπορεί το προσωπικό να εντοπίζει γρήγορα τις βλάβες. Αυτό γίνεται με την δυνατότητα που υπάρχει η PTU να θέτει μέσω ενός εξειδικευμένου λογισμικού, τις υπό έλεγχο συσκευές σε εξομοίωση πραγματικής λειτουργίας, δίνοντας έτσι ένα πραγματικό προφίλ του είδους της βλάβης. Η συσκευή αυτή τροφοδοτείται από μπαταρίες, για να εξασφαλιστεί έτσι η απρόσκοπτη λειτουργία της κάτω από οποιοσδήποτε συνθήκες.

Όσον αφορά το σύστημα των φρένων, λόγω της κρισιμότητας της λειτουργίας είναι λογικό αυτά να είναι εφοδιασμένα με ένα δικό τους διαγνωστικό σύστημα, την BCU3, το οποίο μπορεί να επικοινωνήσει με τις υπόλοιπες μονάδες μέσω του MVB.

Η εργαστηριακή διαγνωστική διαδικασία λαμβάνει χώρα όταν το όχημα είναι εκτός λειτουργίας. Με αυτήν μπορεί να γίνει πιο ενδελεχής μελέτη της εκάστοτε δυσλειτουργίας του οχήματος ή και να συντηρηθεί πιο συστηματικά. Τα μέρη εκείνα που εξετάζονται πιο συστηματικά είναι οι πεδήσεις, η έλξη και οι μετατροπείς.

4.8 Συστήματα πληροφοριών και επικοινωνιών για τους επιβάτες.

Όπως είναι λογικό για ένα μέσο μαζικής μεταφοράς, το όχημα είναι εφοδιασμένο με συστήματα για την πληροφόρηση των επιβατών. Τα κύρια μέρη του εξοπλισμού αυτού είναι:

- **Μονάδα ελέγχου:**

Αποτελείται από μία CPU, από έναν ενισχυτή LF και μία διασύνδεση με την MVB, η οποία είναι απαραίτητη για τον έλεγχο των συσκευών.

Επίσης, διαθέτει και έναν δέκτη GPS, που υποδεικνύει κάθε φορά την επόμενη στάση με βάση την θέση του οχήματος.

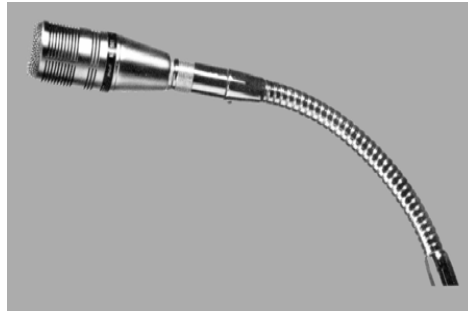
- **Οθόνη οδηγού:**

Στην ουσία είναι ένα πληκτρολόγιο 12 κουμπιών, με βάση το οποίο ο οδηγός μπορεί να γράφει μηνύματα που φαίνονται στις οθόνες του οχήματος, ή να περνάει διάφορα ηχητικά μηνύματα στην καμπίνα των επιβατών.



- **Μικρόφωνο οδηγού**

Είναι χωρητικού τύπου, έτσι ώστε να αποφεύγονται οι παρεμβολές από άλλες ραδιοσυχνότητες που υπάρχουν μέσα σε ένα μέσο μαζικής μεταφοράς. Επίσης, η καμπίλη λήψης του είναι καρδιοειδής, για να αποφεύγονται οι παρεμβολές από παράπλευρους ήχους.



- **Εξωτερικές οθόνες**

Είναι τύπου LED, των οποίων η φωτεινότητα εξαρτάται από το φως του περιβάλλοντος χώρου. Εκεί μπορούν να παρουσιαστούν μηνύματα που μπορούν να γραφούν στην καμπίνα του οδηγού.



Τα κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά αυτών των πινακίδων είναι τα εξής, όπου τα πρώτα στοιχεία αναφέρονται στην μπροστινή πινακίδα και τα δεύτερα στις πλαϊνές:

- **Μέγεθος πινακίδας** 120x16/120x16
- **Μέγεθος LED** 10 mm/5 mm
- **Χρήσιμη επιφάνεια** 1200x160mm / 600x80mm
- **Έυρος γωνίας θέασης** +/- 30° / +/- 60°
- **Φωτεινή ένταση** 475 mcd / 180mcd

- **Εσωτερικές οθόνες**

- **Μέγεθος πινακίδας** 96x16

- **Μέγεθος LED** 5 mm
- **Χρήσιμη επιφάνεια** 480x80mm
- **Εύρος γωνίας θέασης** +/- 60°

- **Ηχεία**

Είναι δακτυλιοειδούς σχήματος, με διάμετρο 130mm και προστασία από την υγρασία και την φωτιά, τα κύρια χαρακτηριστικά είναι:

- **Μέγιστη ισχύς εξόδου** 5 W RMS
- **Εύρος συχνότητας** 200-10000 Hz
- **Εμπέδηση στο 1kHz** 4 Ω +/- 10%
- **Μαγνητική επαγωγή** 7.500 Gauss
- **Εύρος θερμοκρασίας:** -20° C-80° C



- **Εξωτερικά ηχεία:**

Επειδή αυτά είναι χρώματος λευκού, τοποθετημένα στο εξωτερικό του οχήματος, είναι κατασκευασμένα έτσι ώστε να

είναι ανθεκτικά στις εξωτερικές συνθήκες. Έτσι, το πλαίσιο τους είναι από ανοξείδωτο ατσάλι, ο κώνος είναι κατασκευασμένος από πολυπροπυλένιο, ενώ τα πλαστικά μέρη είναι ανθεκτικά στην υπεριώδη ακτινοβολία. Τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά είναι τα ακόλουθα:

- **Εξωτερική διάμετρος** 6''
- **Διάμετρος ηχείου** 5''
- **Εμπέδηση** 4 Ω
- **Μέγιστη ισχύς εξόδου** 10 W



▪ Σύστημα τηλεόρασης

Το όχημα είναι εφοδιασμένο με κάμερες, οι οποίες καταγράφουν τον χώρο των επιβατών και αποθηκεύουν τις πληροφορίες σε έναν σκληρό δίσκο. Υπάρχουν δύο εξωτερικές και δύο εσωτερικές κάμερες σε κάθε όχημα.

Η εικόνα αποστέλλεται στην καμπίνα του οδηγού, σε μία οθόνη 10.4'' που βρίσκεται στο κέντρο του χειριστηρίου. Οι εικόνες που μπορεί να δείξει η οθόνη αυτή μπορούν να υποδειχθούν από τον οδηγό.

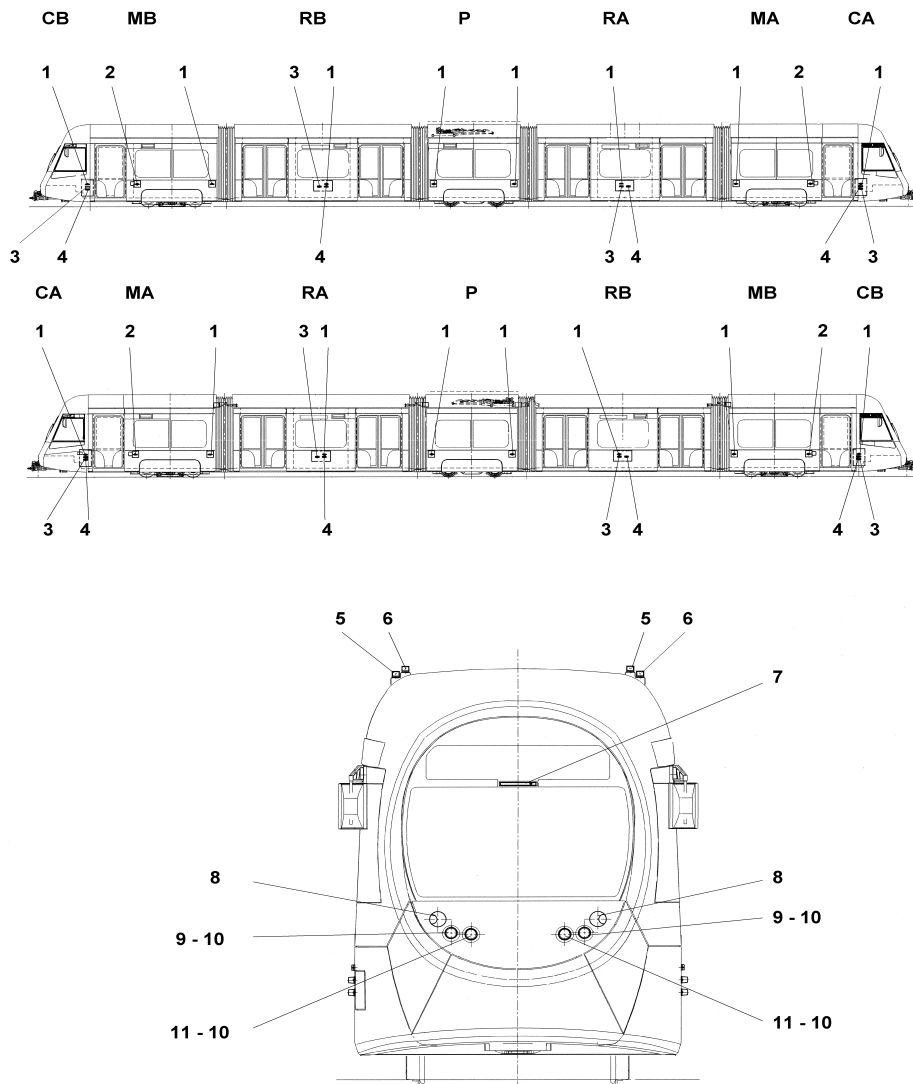
4.9 Σύστημα ραδιοεπικοινωνιών

Αυτή αποτελείται από μία κεραία τύπου ΡΟΤ, τοποθετημένη στην οροφή του οχήματος, από την καλωδίωση που συνδέει την κεραία με την λήψη των ραδιοσυχνοτήτων, το καλώδιο τροφοδοσίας της κονσόλας και μία προστασία 10 Α.

4.10 Φωτισμός

Το σύστημα εξωτερικού φωτισμού αποτελείται από τις ακόλουθες συσκευές :

- Διάφορους φανούς που είναι τοποθετημένοι στις κεφαλές και στις πλευρές του οχήματος (βλ. Εικ. 4-20).
- Ενδεικτικές σταθερές/διακοπτόμενες λυχνίες στη κονσόλα χειρισμού
- Το σύστημα τροφοδοτείται με τάση 24 V (16÷32 V dc).



- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 1. Πλευρικά φώτα όγκου με ανακλαστήρα 2. Αυτοκόλλητος ανακλαστήρας 3. Δεξιός φανός κατεύθυνσης 4. Αριστερός φανός κατεύθυνσης 5. Πίσω κόκκινα φώτα όγκου 6. Εμπρόσθια λευκά φώτα όγκου | <ul style="list-style-type: none"> 7. Φώτα στάσης 8. Κόκκινα φώτα, στάσης, στάθμευσης 9. Κεκλιμένοι φανοί κοντινής απόστασης 10. Καλύπτρες φανών 11. Κύρια φώτα μεγάλης απόστασης, λευκά φώτα στάθμευσης |
|---|---|

Εικ. 4-20 Διάταξη εξωτερικού φωτισμού

○

Το σύστημα εσωτερικού φωτισμού του διαμερίσματος των επιβατών αποτελείται από δύο σειρές λαμπτήρων στο θόλο, που διασχίζουν κατά μήκος το όχημα. Οι λαμπτήρες του θόλου παρέχουν τον κανονικό φωτισμό και τον φωτισμό εκτάκτου ανάγκης όπως φαίνεται στο σχεδιάγραμμα της Εικ. 1-70.

Οι λαμπτήρες φθορισμού τροφοδοτούνται από στατικούς μετατροπείς όπου κάθε μετατροπέας τροφοδοτεί δύο λαμπτήρες. Τα χαρακτηριστικά του συστήματος είναι:

- Τάση τροφοδοσίας	24V dc(16÷32V)
- Τυπολογία λαμπτήρων φθορισμού	1x36W ο 1x40W
- Τυπολογία στατικών μετατροπέων	80W

4.11 Τάσεις τροφοδοσίας

- **Χ.Τ.**

Όλες οι συσκευές και εξοπλισμός Χ.Τ. έχουν ονομαστική τάση τροφοδοσίας 24 V DC. Λειτουργούν όμως στα 29 V, καθώς το εύρος λειτουργίας είναι από 16.8 V-32 V. Έξω από αυτό το εύρος λειτουργίας, τα όργανα παύουν να λειτουργούν χωρίς να προκαλούν κάποια άλλη ζημιά.

- **Μ.Τ. τάσεις τροφοδοσίας**

Όλες οι συσκευές και εξοπλισμός Μ.Τ. έχουν ονομαστική τάση τροφοδοσίας 380V/220V AC 50 Hz. Με αυτήν την τάση τροφοδοτούνται ο κλιματισμός στις καμπίνες επιβατών και οδηγών, καθώς και οι ανεμιστήρες των κινητήρων. Ο ηλεκτρονικός έλεγχος και οι συσκευές επιτήρησης απλώς παύουν την λειτουργίας τους, χωρίς να προκαλούν κάποια επιπλέον παρενέργεια, όταν η τάση διαφέρει από τις ονομαστικές της τιμές ακόμα και 20%. Επιπλέον, γίνονται κατάλληλα βήματα έτσι ώστε να αποφευχθούν ζημιές στον εξοπλισμό, κρατώντας σταθερή τιμή V/f από τον βοηθητικό μετατροπέα 750V DC/380V AC.

- **Υ.Τ. τάσεις τροφοδοσίας**

Η ονομαστική τάση σε αυτήν την περίπτωση είναι 750V DC, με εύρος από τα 500 V ως τα 900 V. Η διαστασιολόγηση του εξοπλισμού λαμβάνει υπόψη το γεγονός ότι η τάση τροφοδοσίας επηρεάζεται από μεταβατικά ρεύματα που συμβαίνουν λόγω απώλειας της επαφής του παντογράφου,

ατμοσφαιρικών συνθηκών, λειτουργιών φορτίου, παρακείμενης διέλευσης άλλου οχήματος, κλπ. Έτσι, ο εξοπλισμός μπορεί να λειτουργήσει χωρίς πρόβλημα σε όλο το εύρος τιμών της τάσης τροφοδοσίας, ενώ σταματούν να λειτουργούν εκτός αυτού του εύρους.

4.12 Καλώδια

Τα καλώδια είναι από ελαστομερές μίγμα, τα οποία είναι δύσφλεκτα, δεν εκπέμπουν καπνούς και τοξικά αέρια, ενώ αντέχουν και στην διάβρωση.

Σε κάθε περίπτωση, τα καλώδια συμμορφώνονται με τα πρότυπα: CEI-UNEL 73665-73666-73667-73668-73669-73670.

4.13 Επιστροφές ρευμάτων και γειώσεις

Το σύστημα επιστροφής ρεύματος για την έλξη είναι ξεχωριστά από αυτά που θέτουν το όχημα στην γη. Για όλα τα αρνητικά καλώδια, χρησιμοποιούνται μονωμένοι αγωγοί, οι οποίοι συνδέονται στο σώμα του οχήματος. Το σώμα καθ'ευατό του οχήματος δεν χρησιμοποιείται σαν επιστροφή ρεύματος.

Γενικά, όλα τα μεταλλικά μέρη του οχήματος γειώνονται μέσω πλακών κατάλληλου μεγέθους και σε κάθε περίπτωση με μικρότερη επιφάνεια από 16 mm², σύμφωνα με τα πρότυπα EN 50153.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΛΞΗΣ-ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΙ ΕΛΞΗΣ

5.1 Εισαγωγή

Το Σύστημα Ισχύος Έλξης (ΣΙΕ) αποτελεί την καρδιά ενός συστήματος μεταφοράς τραμ. Είναι εκείνη η συνιστώσα της ολικής εγκατάστασης που παράγει και διανείμει την κατάλληλη ηλεκτρική ισχύ που είναι απαραίτητη για την κίνηση των οχημάτων.

Το ΣΙΕ αποτελείται με την σειρά του από δύο μέρη, το σύστημα παραγωγής έλξης, το οποίο είναι οι Υποσταθμοί (Υ/Σ) και το σύστημα μεταφοράς αυτής της ενέργειας, που ονομάζεται Σύστημα Ανάρτησης Αλυσοειδούς (ΣΑΑ).

Σκοπός αυτού του κεφαλαίου είναι να μας κάνει γνωστή την δομή ενός Υ/Σ, καθώς και τα κυριότερα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του.

5.2 Γενικά χαρακτηριστικά Υ/Σ

Οι Υ/Σ του συστήματος ισχύος έλξης (ΣΙΕ) τροφοδοτούν την απαραίτητη ηλεκτρική ενέργεια στα οχήματα Τραμ, με τέτοιο τρόπο που να καθίσταται δυνατή η ασφαλής και αξιόπιστη λειτουργία τους όλες τις ώρες και υπό όλες τις συνθήκες. Συγκεκριμένα ο ρόλος των Υ/Σ στα πλαίσια του ΣΙΕ είναι να μετατρέπουν το παρεχόμενο ρεύμα και εν συνεχεία να τροφοδοτούν το σύστημα ανάρτησης αλυσοειδούς (ΣΑΑ), μέσω του οποίου τα οχήματα Τραμ λαμβάνουν την ζητούμενη ενέργεια εξ' επαφής.

Η Ηλεκτρική Ενέργεια παρέχεται στους Υ/Σ του ΣΙΕ με 3-φασικό ΕΡ 20KV άμεσα από τα κατά τόπους τοπικά δίκτυα 20KV της ΔΕΗ, μετασχηματίζεται από ΕΡ 20KV σε ΕΡ 635V, μετατρέπεται σε ΣΡ. ονομαστικής τάσης 750V, παροχετεύεται στο ΣΑΑ μέσω κατάλληλων αγωγών και επιστρέφει στον ανορθωτή του Υ/Σ μέσω των σιδηροτροχιών και των συνδεδεμένων με αυτές καλωδίων επιστροφής.

Οι συνολικά 15 Υ/Σ Έλξης καλύπτουν και τα 25,2 χλμ του υφιστάμενου τροchioδρόμου και χωροθετούνται κατά μήκος του δικτύου. Η χωροταξική κατανομή τους είναι σχετικά ανομοιόμορφη καθώς η θέση κάθε Υ/Σ καθορίστηκε με βάση την δυνατότητα ανεύρεσης του χώρου, και έκδοσης άδειας κατασκευής του κτιρίου του Υ/Σ εντός του αστικού ιστού των Αθηνών. Η απόσταση μεταξύ διαδοχικών Υ/Σ του τροchioδρόμου του ΤΡΑΜ, κυμαίνεται από 1,3χλμ έως 2,3χλμ και έχει καθοριστεί από την εμπειρία σε παρόμοια συστήματα. Οι 14 Υ/Σ Έλξης χρησιμοποιούνται για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στα οχήματα Τραμ κατά μήκος του δικτύου ενώ ένας (1) Υ/Σ καλύπτει το Αμαξοστάσιο του Ελληνικού και την γραμμή πρόσβασης σε αυτό. Τα υπόλοιπα φορτία των εγκαταστάσεων στο Αμαξοστάσιο του Τραμ καλύπτονται από έναν ξεχωριστό Υ/Σ φωτισμού και γενικών φορτίων.

5.3 Τυπική Δομή Υ/Σ

Οι Υ/Σ Έλξης του ΣΙΕ δεν είναι όλοι ίδιοι ως προς το μέγεθος ισχύος του εξοπλισμού που περιέχουν, επειδή οι ανάγκες εξυπηρέτησης κάθε περιοχής διαφέρουν μεταξύ τους. Σε όλους όμως τους Υ/Σ συναντάται ο τυπικός εξοπλισμός, που ακολουθεί (η «φορά» περιγραφής αναφέρεται από την παροχή ΔΕΗ προς το εναέριο δίκτυο) :

- Ο Ηλεκτρικός Πίνακας Μέσης Τάσης (ΜΤ) 20KV
- Ο Μ/Σ Ανορθωτή 20 KV / 0.635 KV / 0.635 KV AC, 50Hz
- Ο Ανορθωτής Έλξης 635V AC / 825V DC
- Ο Ηλεκτρικός Πίνακας Σ.Ρ. 750V
- Ο βοηθητικός Πίνακας Χαμηλής Τάσης (ΧΤ) 400 V / 230 V AC – 110 V DC για την εξυπηρέτηση των φορτίων εσωτερικής υπηρεσίας του Υ/Σ.
- Η συστοιχία συσσωρευτών 110V DC
- Το Σύστημα Αδιάλειπτης Τροφοδοσίας (UPS)
- Το Σύστημα Ελέγχου και Λήψης Δεδομένων (ΣΕΛΔ), SCADA
- Ο βοηθητικός ανορθωτής 230 V AC/ 110 V DC

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά τώρα καθενός τμήματος εξοπλισμού αναλύονται στις ακόλουθες παραγράφους.

5.3.1 Πίνακας Μέσης Τάσης (Π.Μ.Τ.)

Αποτελείται από 4 πεδία: εισόδου, μέτρησης, εξόδου,τροφοδοσίας. Αποτελεί το πρώτο τμήμα εξοπλισμού μετά τον τερματισμό της παροχής της ΔΕΗ και πριν τον Μ/Σ Ανορθωτή Έλξης.

Το πεδίο εισόδου χρησιμοποιείται για την είσοδο της γραμμής παροχής από την ΔΕΗ και γι' αυτό εξοπλίζεται με έναν τριπολικό αποζεύκτη – διακόπτη φορτίου τριών θέσεων (OPEN, CLOSED, EARTH).

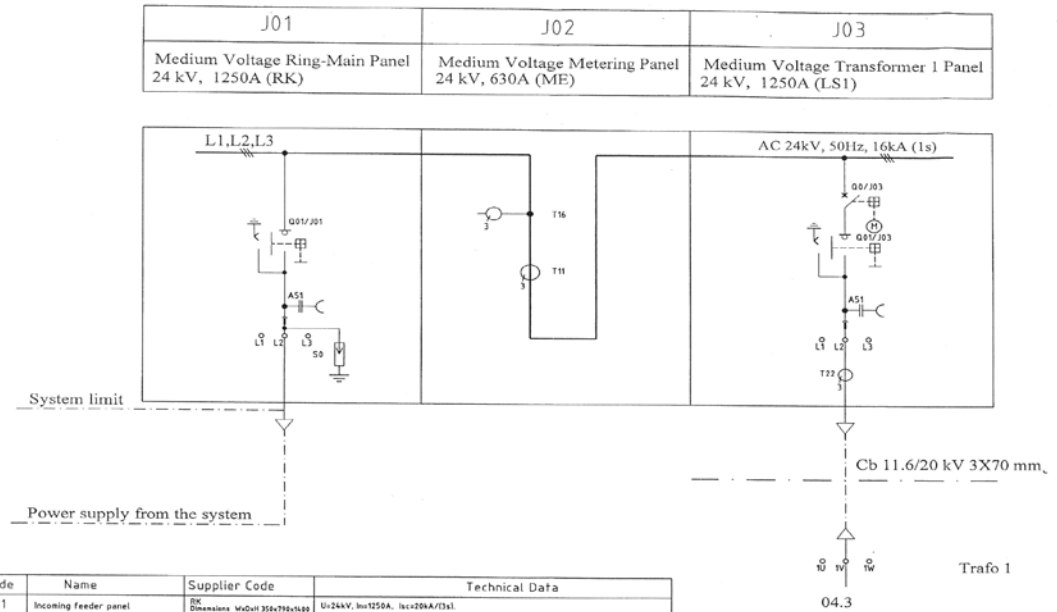
Το πεδίο μέτρησης εξοπλίζεται με μετασηματιστές τάσης και έντασης, που υποβιβάζουν τις τιμές της παροχής 20 KV σε τιμές μετρήσιμες από την μετρητική συσκευή (η συσκευή έχει δυνατότητα πολλαπλών μετρήσεων τιμών παροχής με μνήμη γεγονότων).

Το πεδίο εξόδου (από 1 μέχρι 3 ανάλογα τον Υ/Σ) τροφοδοτεί και προστατεύει τον Μ/Σ (από 1 μέχρι 3). Αυτό επιτυγχάνεται με τον εξοπλισμό του πεδίου με έναν τριπολικό διακόπτη ισχύος 630 A/ 20 kA κενού μονωμένο σε αέριο εξαφθοριούχο θείο (SF6) με ηλεκτρικό χειρισμό και μηχανικό - χειροκίνητο μηχανισμό ελατηρίου και έναν τριπολικό αποζεύκτη – διακόπτη φορτίου τριών θέσεων (OPEN, CLOSED, EARTH). Οι δύο αυτοί διακόπτες αλληλασφαλίζονται μεταξύ τους. Η διάταξη βρίσκεται σε κοινό κέλυφος με τον γειωτή και τρεις πυκνωτικούς καταμεριστές.

Το πεδίο τροφοδοσίας χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία του Υ/Σ του ίδιου.

Επίσης, ο πίνακας είναι εφοδιασμένος με ηλεκτρονικά ρελαί προστασίας της Siemens, της οικογένειας Siprotec 4 7SJ625 για την προστασία των μετασηματιστών και των ανορθωτών. Το πεδίο μέτρησης του πίνακα περιέχει μια συσκευή SIMEAS P για την ανάλυση των ηλεκτρονικών χαρακτηριστικών (τάση, ένταση-ισχύς-ενέργεια-άεργο ισχύ).

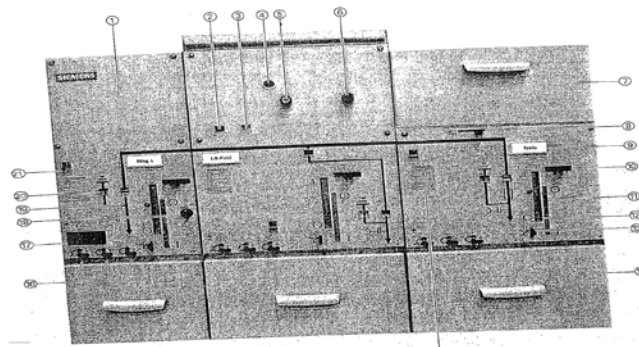
Το μονογραμμικό σχέδιο του πίνακα είναι το ακόλουθο:



Code	Name	Supplier Code	Technical Data
J01	Incoming feeder panel	BK Dimensions WxDxH 35x79x1400	U=24kV, In=1250A, Icc=20kA/13s
J02	Metering panel	ME Dimensions WxDxH 45x79x1400	U=24kV, In=630A, Icc=20kA/13s
J03	Transformer 1 1250kVA panel	LS1 Dimensions WxDxH 55x79x2000	U=24kV, In=1250A, Icc=20kA/13s
Q01/J01	Circuit Breakers	3AH535-1RE44-2EP2-2F70	U=24kV, In=630A, Icc=20kA/13s, F=50Hz, Shunt release DC100V, undervoltage release, motor operated mechanism DC100V.
Q02/J02	Switch disconnectors	3AH535-1RE44-2EP2-2F70	U=24kV, In=630A, Icc=20kA/13s, F=50Hz, Close-open-earth positions, spring operated mechanism.
T11	Indoor Current Transformer	4MH744-0RE20-0A01-2A10-000	Primary rated current 3x250A, secondary rated current 1A, 10VA, class 0.5F5, F=50Hz, In=36A/11kV
T22	Cable-Type Current Transformer	4MC7033-0NL42-0A01	Primary rated current 3x250A, secondary rated current 1A, 10VA, class 0.5F5, F=50Hz, In=36A/11kV
T16	Indoor Voltage Transformer	4MR142-0AK21-2A10	Primary voltage 3x24/√3 kV, Secondary voltage 100V 3v, Secondary voltage 100V/√3V, 50VA, class 0.5, F=50Hz
A51	Voltage indicator	BDX1 - 600	Voltage indicator, plug-in type for HR SYSTEM
S0	Surge Arrester	BDX 31 type Keyless FSA 255 (type MK 3)	

Εικ. 5-1: Μονογραμμικό Π.Μ.Τ.

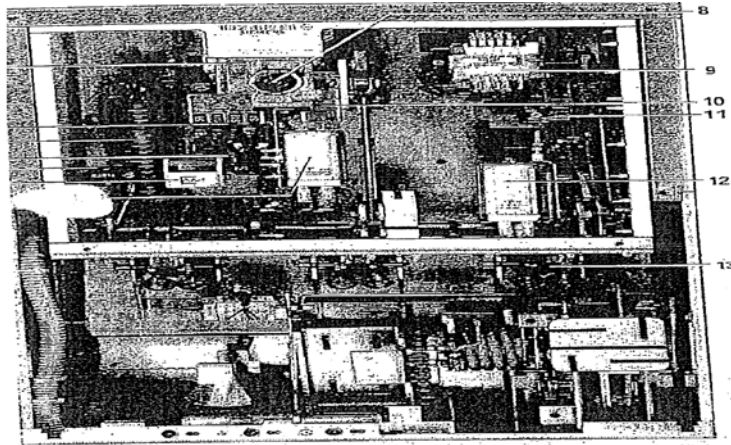
Η εμφάνιση του πίνακα είναι αυτή του παρακάτω σχήματος:



- BDH
- 1 Cover of niche for customer-side low-voltage equipment
 - 2 Operating cycle counter for circuit-breaker
 - 3 "Spring charged" indication for circuit-breaker
 - 4 Manual charging for circuit-breaker
 - 5 ON pushbutton for circuit-breaker
 - 6 OFF pushbutton for circuit-breaker
 - 7 HV HRC fuse compartment cover
 - 8 Lock for HV HRC fuse assembly
 - 9 Feeder designation plates
 - 10 Locking device (option for three-position switch-disconnector)
 - 11 Manual operation for switch-disconnector mechanism
 - 12 Manual operation for earthing switch mechanism
 - 13 Lock for cable compartment cover
 - 14 Cable compartment cover
 - 15 Rating plate
 - 16 Sockets of voltage detection system
 - 17 Short-circuit/earth-fault indicator
 - 18 Local/remote switch for motor-operated mechanism (optional)
 - 19 Switch position indicator of the switch-disconnector
 - 20 Switch position indicator of the earthing switch
 - 21 Ready-for-service indicator

Εικ. 5-2: Εξωτερική διαμόρφωση Π.Μ.Τ.

Ο διακόπτης ισχύος του πεδίου εξόδου είναι ο 3AH 56 της Siemens είναι ένας διακόπτης κυκλώματος εσωτερικού χώρου τριών πόλων για ονομαστικές τάσεις 7,2 έως 24 kV. Σαν αέριο μόνωσης χρησιμοποιείται το εξαφθοριούχο θείο.



Εικ. 5-3: Διακόπτης ισχύος κενού

Ο διακόπτης αυτός αποτελείται από τα ακόλουθα εξαρτήματα:

- **Κιβώτιο μηχανισμού λειτουργίας με ελατηριωτό μηχανισμό αποθηκευμένης ενέργειας και στοιχεία ελέγχου.**

Εδώ φιλοξενούνται όλα τα ηλεκτρικά και μηχανικά εξαρτήματα που απαιτούνται για το άνοιγμα και το κλείσιμο του διακόπτη. Κλείνει με ένα αποσπώμενο κάλυμμα που διαθέτει ανοίγματα για τα στοιχεία ελέγχου και τους ενδείκτες.

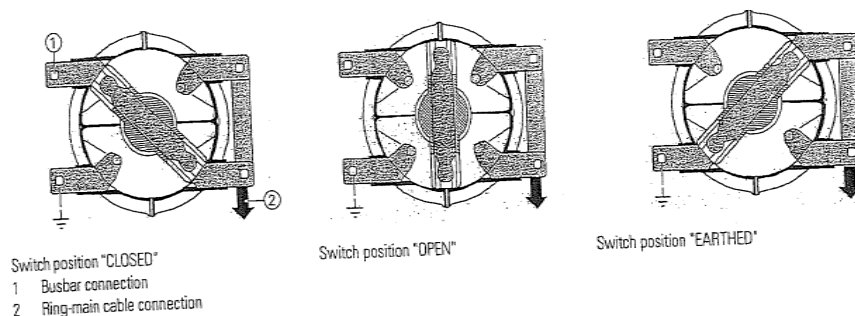
- **Τρεις θέσεις για τον διακόπτη με αποζεύκτες κενού**
- **Πλακέτα προσαρμογής**
- **Ράβδοι λειτουργίας για λειτουργία με επαφή, στεγανοποιημένη προς την πλευρά της πρόσοψης του δοχείου (πλακέτα προσαρμογής) με κινούμενο και αεροστεγή τρόπο μέσω των μεταλλικών εμφυσητήρων.**

Το βασικό μοντέλο του διακόπτη κυκλώματος εν κενώ είναι εξοπλισμένο ως εξής:

- **Ηλεκτρικός μηχανισμός λειτουργίας με μηχανική και ηλεκτρική αντι-αντλητική διάταξη (M1)**
- **Σωληνοειδής κλεισίματος (Y9)**

- Διάταξη απεμπλοκής τάσης (Υ1)
- Βυσματικός συνδετήρας χαμηλής τάσης με καλωδίωση 10 πόλων (Χ0).
- Βοηθητικός διακόπτης 6NO+6NC (S1).
- Μετακινούμενος διακόπτης για την ένδειξη «φόρτιση ελατηρίου ζεύξης» (S4).
- Σήμα απόζευξης του διακόπτη κυκλώματος, διακόπτες αποσύνδεσης (S6, S7).
- Μετρητής κύκλων λειτουργίας
- Μηχανική ενδασφάλεια.

Ο διακόπτης φορτίου τριών θέσεων είναι σχεδιασμένος σαν διακόπτης πολλαπλών θαλάμων με τις λειτουργίες ενός διακόπτη απόζευξης και ενός διακόπτη γείωσης με διασφάλιση σύνδεσης, με τις θέσεις ΚΛΕΙΣΤΟΣ-ΑΝΟΙΧΤΟΣ-ΓΕΙΩΜΕΝΟΣ. Λειτουργεί μέσω αεροστεγώς συγκολλημένων εδράσεων στην πρόσοψη του δοχείου της ηλεκτρικής εγκατάστασης.



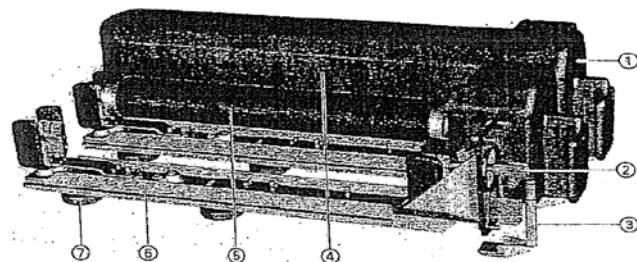
Εικ. 5-4: Διακόπτης τριών θέσεων: ΑΝΟΙΧΤΟΣ (OPEN)-ΚΛΕΙΣΤΟΣ (CLOSED)-ΓΕΙΩΜΕΝΟΣ (EARTHED)

Ο άξονας του μεταγωγέα με τους κινούμενους επαφείς περιστρέφεται στο εσωτερικό του θαλάμου που περιέχει τους σταθερούς επαφείς. Βαλβίδες συμπίεσης, που περιστρέφονται ταυτόχρονα με τον άξονα του μεταγωγέα, διαχωρίζουν τον θάλαμο δημιουργίας του τόξου σε δύο υποθαλάμους, ο καθένας από τους οποίους αλλάζει παράλληλα με την περιστροφή. Κατά την κίνηση της

μεταγωγής, οι βαλβίδες συμπίεσης δημιουργούν διαφορά πίεσης στους υποθαλάμους. Το εξαφθοριούχο θείο ρέει μέσα από ένα ακροφύσιο, προκαλεί ένα κατευθυνόμενο σβήσιμο του τόξου διακοπής και το ψύχει ταχέως. Η ενδασφάλεια δεν είναι απαραίτητη, διότι οι λειτουργίες ΚΛΕΙΣΤΟΣ και ΓΕΙΩΜΕΝΟΣ δεν μπορούν να εκτελεσθούν ταυτόχρονα.

Οι M/Σ ρεύματος και τάσης που χρησιμοποιούνται για τις ανάγκες της λειτουργίας του πίνακα υπακούουν στα πρότυπα IEC 044-1, EN 60044-1, IEC 60044-2 και EN 60044-2.

Όσον αφορά τις ασφάλειες HV HRC που χρησιμοποιούνται για την προστασία του πίνακα, αποτελούν σύρματα τήξης με πείρο κρούσης στο μοντέλο μέσης τάσης. Χρησιμοποιούνται σαν προστασία από βραχυκύκλωμα για τους μετασχηματιστές του πεδίου μέτρησης, με δυνατότητα επιλογής για ομόρροπο ή αντίρροπο εξοπλισμό και διαθέτουν μόνωση στον έναν πόλο. Είναι απρόσβλητες από τις κλιματικές συνθήκες, με κιβώτιο ασφαλειών κατασκευασμένο από χυτή ρητίνη.



HV HRC fuse assembly

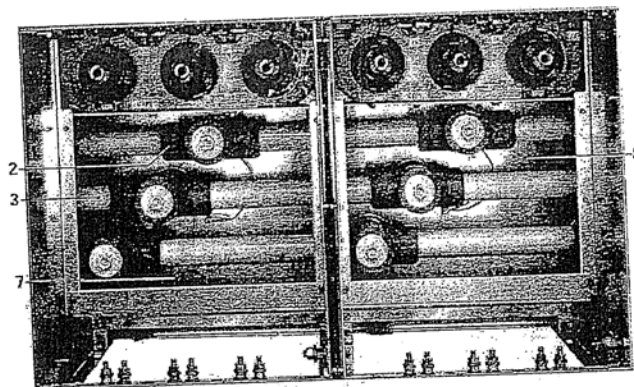
- 1 Cover with seal
- 2 Striker pin of HV HRC fuse link and articulation for tripping the spring-operated/stored-energy mechanism
- 3 Tripping pin for spring-operated/stored-energy mechanism
- 4 Fuse box
- 5 HV HRC fuse
- 6 Fuse slide
- 7 Bushing

Εικ. 5-5: Ασφάλειες HV HRC

Το όλο συγκρότημα της ασφάλειας βρίσκεται επάνω από το δοχείο της εγκατάστασης χειρισμού και συνδέεται στον διακόπτη απόζευξης τριών θέσεων μέσω συγκολλημένων εδράσεων και συνδετικών ράβδων.

Σε περίπτωση τώρα που ένα σύρμα τήξης της ασφάλειας HV HRC ανταποκριθεί, ο μεταγωγέας απελευθερώνεται μέσω μιας διάρθρωσης που βρίσκεται ενσωματωμένη στο κάλυμμα του κιβώτιου ασφαλειών. Σε περίπτωση που αποτύχει η απόξευση της ασφάλειας, το κιβώτιο ασφαλειών προστατεύεται μέσω της θερμικής προστασίας. Η υπερπίεση που δημιουργείται με αυτόν τον τρόπο απελευθερώνει τον μεταγωγέα μέσω ενός διαφράγματος στο κάλυμμα του κιβωτίου ασφαλειών και μέσω της διάρθρωσης. Αυτό διακόπτει το ρεύμα προτού επέλθει ανεπανόρθωτη βλάβη στο κιβώτιο με τις ασφάλειες. Η παραπάνω θερμική προστασία λειτουργεί ανεξάρτητα από τον τύπο και το σχέδιο της ασφάλειας HV HRC που χρησιμοποιείται. Δεν χρειάζεται συντήρηση και δεν επηρεάζεται από τις εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, όπως προείπαμε.

Οι ζυγοί τώρα που χρησιμοποιούνται στον πίνακα είναι ασφαλείς στην αφή χάρη στα μεταλλικά καλύμματα, είναι μονοπολικού τύπου άμεσης τοποθέτησης και είναι ανθεκτικοί στην ρύπανση και την υγρασία. Η επέκταση της εγκατάστασης χειρισμού ή η αντικατάσταση πινάκων είναι δυνατή χωρίς εργασία με αέριο το εξαφθοριούχο θείο, όπως και η ειδική διασύνδεση του ζυγού με αεροστεγείς πίνακες μετρητών.



Εικ. 5-6: Ζυγοί

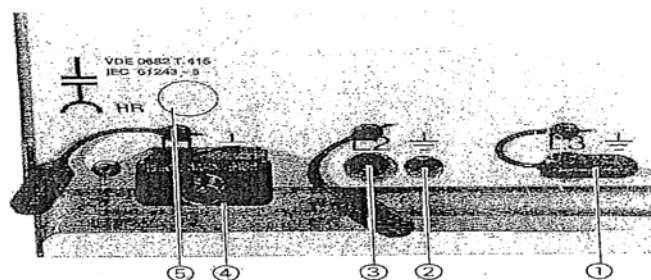
Στο πεδίο εισόδου υπάρχει πυκνωτικό σύστημα ανίχνευσης τάσης 20 KV και απαγωγέας υπερτάσεων. Στο πεδίο εξόδου υπάρχει παρόμοιο πυκνωτικό σύστημα ανίχνευσης τάσης 20 KV και μετασχηματιστής έντασης, που χρησιμοποιείται για την μέτρηση της έντασης του ρεύματος στα καλώδια εξόδου. Η τιμή αυτής της έντασης καθώς και η τιμή της τάσης από το πεδίο μέτρησης χρησιμοποιούνται από τον ψηφιακό ηλεκτρονόμο προστασίας, που ελέγχει τον διακόπτη ισχύος. Παραδείγματα προστασιών, που παρέχει ο ηλεκτρονόμος είναι

τα εξής:

- Προστασία από βραχυκύκλωμα
- Προστασία από διαρροή ουδετέρου
- Προστασία έναντι αυξομείωσης έντασης (ορισμένου και αορίστου χρόνου)
- Προστασία έναντι αυξομείωσης συχνότητας
- Μέτρηση ρευμάτων και τάσεων λειτουργίας καθώς και μεγίστων, ελαχίστων τιμών.

Όλοι οι τροφοδότες του πρωτεύοντος κυκλώματος μπορούν να εξοπλιστούν με έναν ενδείκτη βραχυκυκλώματος ή σφάλματος γείωσης. Χαρακτηριστικά, μπορεί να γίνει η εργοστασιακή συναρμολόγηση με προσαρμογή αισθητήρα στην έδραση του καλωδίου του πρωτεύοντος κυκλώματος. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα οπτικών σημάτων σε περίπτωση υπέρβασης μίας προεπιλεγμένης τιμής ένδειξης .

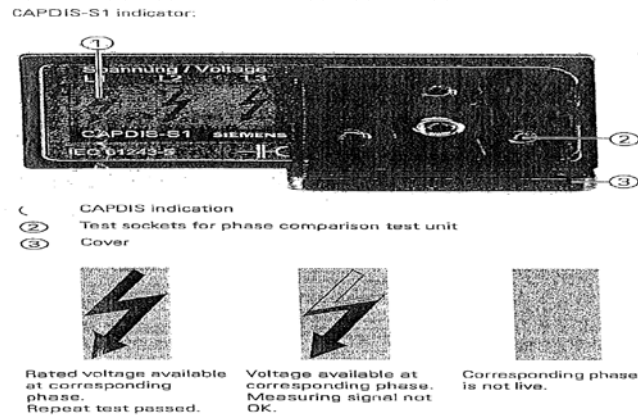
Για την μέτρηση της τάσης, σύμφωνα με τα πρότυπα IEC 61243-5 και EN 61243-5, υπάρχουν εντός του πίνακα το σύστημα HR, το οποίο είναι υποχρεωτικό, καθώς και το σύστημα ανίχνευσης CAPDIS. Το HR αποτελείται από ένα κάλυμμα χωρητικών δοκιμαστικών υποδοχών, μία υποδοχή γείωσης και έναν ενδείκτη τάσης τύπου HR, με αυτό το σύστημα προσφέρεται επαλήθευση της ασφαλούς απομόνωσης από την παροχή ανά φάση μέσω της εισαγωγής του σε κάθε ζεύγος υποδοχών. Επίσης, ο ενδείκτης τάσης αναβοσβήνει αν παρουσιαστεί υψηλή τάση και είναι κατάλληλος για συνεχή λειτουργία.



- ① Cover of capacitive test sockets
- ② Earthing socket
- ③ Capacitive test socket for L2
- ④ Voltage indicator type HR, make Horstmann
- ⑤ Documentation to repeat test of interface condition

Εικ. 5-7: Σύστημα HR

Όσον αφορά τώρα το σύστημα CAPDIS, δεν χρειάζεται συντήρηση ούτε κάποια βοηθητική ισχύ για την λειτουργία του, ενώ προσφέρει και την δυνατότητα απομακρυσμένη ένδειξη της κατάστασης της τάσης.

**Εικ. 5-8: Σύστημα CAPDIS**

Επίσης, οφείλουμε να αναφέρουμε πως έχει δοθεί ιδιαίτερη βαρύτητα σε θέματα ασφάλειας του προσωπικού, καθώς μέσω του χειρισμού του πίνακα έρχεται σε επαφή με υψηλές τιμές τάσεις, κατά πολύ μεγαλύτερες από αυτές που μπορεί να αντέξει ο ανθρώπινος οργανισμός. Έτσι, οι ασφάλειες και τα στεγανά άκρα των καλωδίων είναι προσβάσιμα μόνο όταν οι τροφοδότες είναι γειωμένοι, η λειτουργία είναι δυνατή μόνο όταν το περίβλημα του πίνακα είναι κλειστό, υπάρχει σύστημα εντοπισμού χωρητικής τάσης για επαλήθευση της ασφαλούς απομόνωσης από την παροχή. Οι εξερχόμενοι τροφοδότες είναι γειωμένοι μέσω διακοπών γείωσης, ενώ η αντοχή έναντι των σφαλμάτων τόξου είναι αυξημένη.

Το βασικό κουβούκλιο είναι ερμητικά στεγανό, ενώ και η εγκατάσταση χειρισμού είναι συγκολλημένη και στεγανή εφ'όρου ζωής. Οι μηχανισμοί μεταγωγής της λειτουργίας είναι προσβάσιμοι από το εξωτερικό του δοχείου εγκατάστασης χειρισμού, ενώ υπάρχει και πλήρης ενδασφάλεια της τελευταίας μέσω ενός λογικού μηχανισμού.

5.3.2 Μετασχηματιστής Ανορθωτή

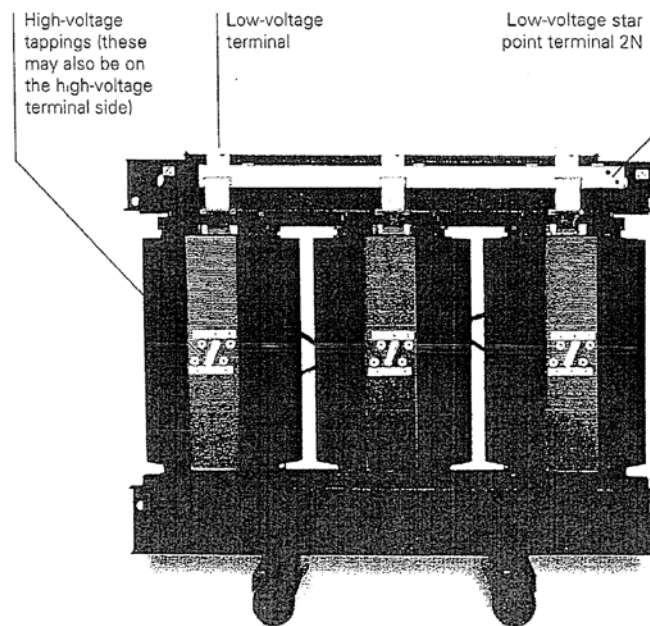


Fig. 1
630 kVA GEA FOL cast-resin transformer
10 ± 2 x 2.5 %/0.4 kV
Low-voltage end

Εικ. 5-9: Μ/Σ- Χαμηλή Τάση

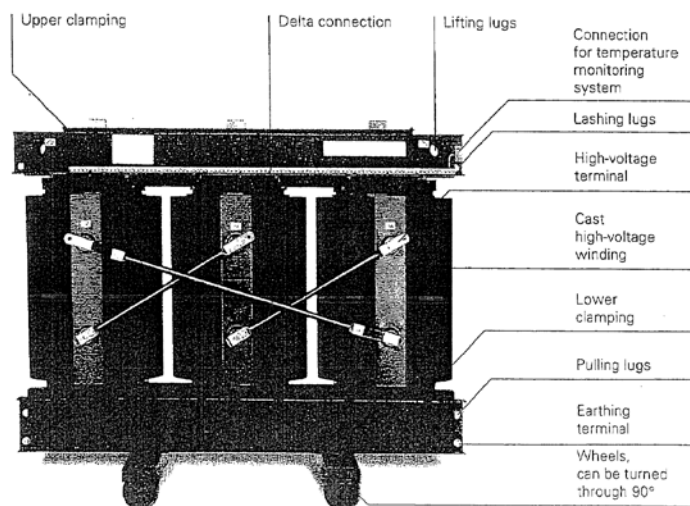


Fig. 2
630 kVA GEA FOL cast-resin transformer
10 ± 2 x 2.5 %/0.4 kV
High-voltage end

Εικ. 5-10: Μ/Σ-Υψηλή Τάση

Ο τριφασικός μετασχηματιστής έλξης εποξικής ρητίνης (cast-resin) έχει 1 πρωτεύον και 2 δευτερεύοντα τυλίγματα, ώστε εν συνεχεία να καταστεί

δυνατή η ανόρθωση 12 παλμών. Έχουν εγκατασταθεί δύο τύποι μετασχηματιστή (με βάση την ισχύ τους) ανάλογα με τις ανάγκες κάθε Υ/Σ Έλξεως. Ο μετασχηματιστής υποβιβάζει την τάση εισόδου 20 kV σε 635 V (τάση λειτουργίας ανορθωτή) και ψύχεται με φυσική κυκλοφορία αέρα.

Ο Μ/Σ έχει ένα τύλιγμα τριγώνου και ένα τύλιγμα αστέρα (Dd0+Dy5). Τα τυλίγματα στο δευτερεύον τροφοδοτούν τον ανορθωτή τάσης. Είναι τύπου GEASOL της Siemens. Είναι εφοδιασμένος με αισθητήρες θερμοκρασίας PT 100 στα τυλίγματα και στον πυρήνα. Τα PT 100 είναι συνδεδεμένα σε ένα ρελαί θερμικής προστασίας T154 το οποίο δίδει μία εντολή ΕΚΤΟΣ στον αυτόματο διακόπτη τροφοδοσίας του μετασχηματιστή του Π.Μ.Τ.

Για τον πυρήνα σιδήρου χρησιμοποιούνται μόνο ελάσματα ψυχρής έλασης και προσανατολισμένων κόκκων, μονωμένα και στις δύο πλευρές. Οι διατομές των κάθετων σκελών και ζυγμάτων είναι κλιμακωτές με διαφορετικά πλάτη ελασμάτων. Τα εξωτερικά σκέλη ενώνονται σχηματίζοντας ορθή γωνία και το μεσαίο πόδι σχηματίζει ορθή γωνία και στις δύο πλευρές σύνδεσης με το ζύγωμα.

Τα τυλίγματα υψηλής τάσης είναι κατασκευασμένα από λωρίδες αλουμινίου και μονωτική μεμβράνη υψηλής ποιότητας. Κάθε τύλιγμα φάσης αποτελείται από αρκετά μεμονωμένα πηνία σε σειρά τα οποία περικλείονται από ρητίνη υπό κενό. Τα άκρα του τυλίγματος και οι λήψεις κατευθύνονται σε δακτυλίους με σπείρωμα και περικλείονται με το υπόλοιπο του τυλίγματος. Το τύλιγμα χαμηλής τάσης είναι κατασκευασμένο από λωρίδες αλουμινίου και μονωτική μεμβράνη εμβαπτισμένη σε χυτή ρητίνη.

Η κατασκευή της μόνωσης διαστασιολογείται με βάση την κατανομή της κρουστικής τάσης. Εξασφαλίζει ελευθερία από μερική αποφόρτιση μέχρι και έως την διπλάσια ονομαστική τάση, καθώς και θερμική και μηχανική αντοχή.

Όσον αφορά την υποστήριξη, μία διάταξη συσφιγξης ειδικά σχεδιασμένη για τα χαρακτηριστικά των λωρίδων των τυλιγμάτων και η εύκαμπτη σύνδεση των πηνίων εξασφαλίζουν τόσο την υψηλή αντοχή σε βραχυκύκλωμα όσο και πολύ χαμηλό επίπεδο θορύβου.

Όσον αφορά τώρα το σύστημα παρακολούθησης θερμοκρασίας που αναφέραμε προηγουμένως, συνίσταται σε κάποιους αισθητήρες, οι οποίοι ανιχνεύουν την

θερμοκρασία του τυλίγματος και το προστατεύουν από μη επιτρεπτή ανάπτυξη θερμοκρασίας.

Στην βασική έκδοση του GEASOL, η μονάδα θερμικής προστασίας τύπου θερμίστορ αποτελείται από τους αισθητήρες θερμοκρασίας (τριπλά θερμίστορ PTC) και μία αντίστοιχη μονάδα ενεργοποίησης θερμίστορ. Οι αισθητήρες αυτοί έχουν πολύ μικρές διαστάσεις οι οποίοι αυξάνουν την αντίστασή τους απότομα σε μία δοσμένη ονομαστική τιμή θερμοκρασίας. Ως αποτέλεσμα, μπορεί να ενεργοποιηθεί είτε ένα προειδοποιητικό σύστημα είτε ο μηχανισμός θέσης εκτός λειτουργίας του μετασχηματιστή. Σε κάθε παρακολουθούμενο τύλιγμα είναι εγκατεστημένοι δύο αντικαταστάσιμοι αισθητήρες.

Οι αισθητήρες θερμοκρασίας είναι συνδεδεμένοι σε σειρά και κατευθύνονται σε μία κλεμοσειρά στο πάνω μέρος της μονάδας σύσφιγξης. Η μονάδα ενεργοποίησης που χρειάζεται για την παρακολούθηση περιλαμβάνεται ξεχωριστά. Οι ακροδέκτες σύνδεσης των αισθητήρων θερμοκρασίας πρέπει να συνδεθούν στην μονάδα ενεργοποίησης μέσω ενός καλωδίου ελέγχου ανθεκτικού σε υψηλή θερμοκρασία.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων είναι:

- **Βασική μονάδα ενεργοποίησης:** Όλες οι τάσεις
- **Ονομαστική τάση:** 20-250V
- **Συχνότητα:** 40-60 Hz
- **Ολική επιτρεπόμενη αντίσταση εν ψυχρώ του βρόχου αισθητήρα:** <1,5 kΩ.

5.3.3 Ανορθωτής

Ο ανορθωτής λαμβάνει το ΕΡ εξόδου του μετασχηματιστή (635 V) και το μετατρέπει σε ΣΡ τάσης 750 V εκτελώντας πλήρη ανόρθωση 12 παλμών. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται 12 δίοδοι συνδεδεμένες σε 2 6- φασικές γέφυρες παράλληλα συνδεδεμένες, που ψύχονται με φυσική κυκλοφορία αέρα.

Οι ανορθωτές εξασφαλίζουν, εκτός των άλλων, την διατήρηση της συστοιχίας σε έμφορτη κατάσταση (επίπλευση). Σε περίπτωση διακοπής του δικτύου, ο καταναλωτής τροφοδοτείται από την συστοιχία των συσσωρευτών, ενώ κατά την

την επάνοδο του δικτύου ο ανορθωτής αρχίζει να λειτουργεί και πάλι αυτόματα, σε καθεστώς εξισορρόπησης, παρέχοντας φόρτιση για τον συσσωρευτή σε υψηλότερη τάση, προκειμένου η ισχύς που καταναλώνεται από τον συσσωρευτή να μπορεί να ανακτηθεί γρήγορα.

Ως αρχή τώρα, οι ανορθωτές διατίθενται με θυρίστορ σε διαμόρφωση πλήρως ελεγχόμενης γέφυρας στα πλαίσια διαγράμματος διαμόρφωσης 6 παλμών, με φυσική μεταγωγή από το δίκτυο, συγχρονισμένη με την συχνότητα του δικτύου και τροφοδοτούμενη μέσω τριφασικού μετασχηματιστή σε σύνδεση αστέρα τριγώνου.

Ο ανορθωτής διατίθεται με αυτόματο αποζεύκτη στο κύκλωμα τροφοδοσίας, το οποίο εξασφαλίζει προστασία έναντι υπέρτασης ή βραχυκυκλώματος στο κύκλωμα εισόδου του ανορθωτή.

Η συνεχή τάση που προκύπτει από την μετατροπή της εναλλασσόμενης ισχύος διαθέτει υπολειπόμενη εναλλασσόμενη συνιστώσα που αντιπροσωπεύει το άθροισμα των αρμονικών πάνω από την τιμή συχνότητας των 50 Hz. Αυτή η συνιστώσα διαταράσσει τη λειτουργία του τροφοδοτούμενου εξοπλισμού.

Προκειμένου να μειωθεί το πλάτος της εναλλασσόμενης συνιστώσας κάτω από τα όρια ανοχής του ανορθωτή, διατίθεται ένα φίλτρο εξομάλυνσης LC μετά από την γέφυρα ανόρθωσης σε κάθε πόλο, το οποίο αποτελείται από πηνία και πυκνωτές.

Εκτός των παραπάνω κυκλωμάτων, ο ανορθωτής περιλαμβάνει επίσης το κύκλωμα ελέγχου, την ρύθμιση και την προστασία του ανορθωτή. Με την αύξηση της έντασης φόρτισης πέρα από το καθορισμένο ρυθμιζόμενο όριο, ο ανορθωτής διαθέτει επίσης κύκλωμα περιορισμού έντασης. Αν αστοχήσει και αυτό το κύκλωμα, υπάρχει επίσης ένα κύκλωμα προστασίας δύο βημάτων, το οποίο αποσυνδέει τον ανορθωτή.

Προς την πλευρά του δικτύου, ο ανορθωτής προστατεύεται έναντι τάσης μεγαλύτερης των ορίων, έναντι ανισοροπίας μεγαλύτερης του 50% μεταξύ των φάσεων και έναντι αποκλεισμού σε μία ή μεταξύ δύο φάσεων, με αποσύνδεσή του. Με την αποκατάσταση του δικτύου, ο ανορθωτής αρχίζει και πάλι να λειτουργεί αυτόματα.

Πέρα από την ηλεκτρονική προστασία, ο ανορθωτής είναι επίσης εξοπλισμένος με αυτόματους αποζεύκτες στα κυκλώματα εξόδου προς το φορτίο και το συσσωρευτή.

Βασικό συστατικό της ορθής λειτουργίας ενός ανορθωτή είναι η μονάδα ελέγχου, η οποία διατάσσεται σε μπλοκ σύμφωνα με τα ακόλουθα:

Το μπλοκ τροφοδοσίας που διαθέτει ο ανορθωτής εξασφαλίζει τις τάσεις τροφοδοσίας και αναφοράς που απαιτούνται για την λειτουργία της μονάδας, τάσεις που έχουν τιμές $\pm 15V$ (τροφοδοσία) και $\pm 10V$ (τάσεις αναφοράς).

Το μπλοκ επιτήρησης δικτύου εξασφαλίζει την λειτουργία του ανορθωτή υπό τις συνθήκες των επιτρεπόμενων παραμέτρων του δικτύου. Αν ανιχνευθεί ανωμαλία λόγω ανισορροπίας φάσεων ή μη σωστής ακολουθίας αυτών, το μπλοκ ανιχνεύει διακοπή και στέλνει το κατάλληλο σήμα στην σωστή λυχνία.

Το μπλοκ ρύθμισης αποσκοπεί στο να παραλαμβάνει τις πληροφορίες από την έξοδο του ανορθωτή και να παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες στο μπλοκ ελέγχου του πλέγματος, το οποίο καθορίζει τη γωνία ανοίγματος των θυρίστωρ, προσδιορίζοντας με αυτόν τον τρόπο τις παραμέτρους εξόδου του ανορθωτή.

Το μπλοκ αργής εκκίνησης εξασφαλίζει την βαθμιαία τροφοδοσία του Μ/Σ παλμών των θυρίστωρ, έτσι ώστε η συνεχής τάση να βρίσκεται εντός των επιτρεπόμενων ορίων κατά την ενεργοποίηση του ανορθωτή.

Το μπλοκ ελέγχου χαρακτηριστικών και διαμόρφωσης των τιμών αναφοράς διαμορφώνει τις απαραίτητες τάσεις αναφοράς που χρειάζονται για να σταθεροποιηθεί η τάση, μέσω της σύγκρισης της τάσης DC με την τάση αναφοράς. Λόγω των διαφόρων μεθόδων λειτουργίας του ανορθωτή, απαιτούνται τέσσερις διαφορετικές τιμές αναφοράς.

Στο μπλοκ ρύθμισης τάσης υπάρχει ένα συγκριτικό κύκλωμα, όπου αθροίζονται με τον κατάλληλο τρόπο όλες οι τάσεις που είναι απαραίτητες για την σταθεροποίηση της τάσης εξόδου.

Στο μπλοκ πραγματικής έντασης ανορθωτή, παράγεται η τιμή έντασης που χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση της κυμάτωσης.

Το μπλοκ ρύθμισης έντασης αποτελείται από έναν συγκριτή και έναν αθροιστή. Η ένταση αναφοράς που αντιστοιχεί στα χαρακτηριστικά λειτουργίας εφαρμόζεται στον συγκριτή, που συγκρίνεται μόνιμα με την πραγματική τιμή που προκύπτει από τον ενισχυτή έντασης. Στην έξοδο του συγκριτή λαμβάνεται με αυτόν τον τρόπο τάση που ελέγχει τη γωνία έναυσης των θυρίστορ καθώς επίσης και η ένταση που παράγεται από αυτά.

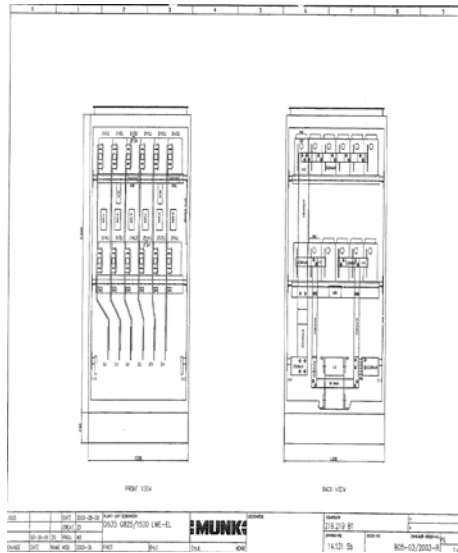
Ο ρόλος του μπλοκ επιτήρησης ondulation είναι να προστατεύει τον ανορθωτή έναντι αύξησης της εναλλασσόμενης συνιστώσας, ενώ το μπλοκ ελέγχου πλέγματος αποσκοπεί στην μετατροπή των σημάτων ελέγχου τάσης από το μπλοκ ρύθμισης και τον συγχρονισμό τάσεων σε παλμούς για τον έλεγχο των θυρίστορ, μέσω μετασχηματιστών παλμών.

Το μπλοκ επιτήρησης συνεχούς τάσης αποσκοπεί στην επιτήρηση της συνεχούς τάσης, ενώ το λογικό μπλοκ ελέγχει και επιτηρεί τον ανορθωτή.

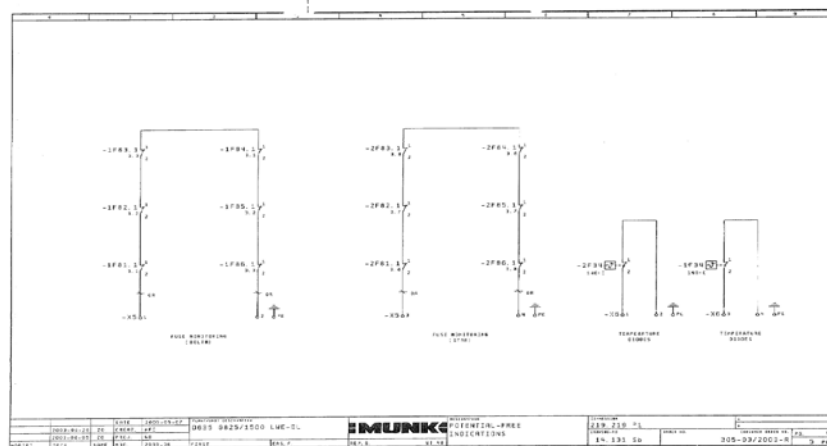
Κάθε δίοδος προστατεύεται από τηκτική ασφάλεια. Η ασφάλεια προστατεύει τον ανορθωτή σε περίπτωση, που εμφανιστεί εσωτερικό βραχυκύκλωμα (απώλεια ικανότητας αποκλεισμού) με την μορφή ανάστροφου ρεύματος σε κάποια δίοδο. Αυτό το ανάστροφο ρεύμα επιτηρείται μέσω μετασχηματιστών έντασης.

Για την προστασία έναντι εξωτερικών βραχυκυκλωμάτων χρησιμοποιείται θερμικός ηλεκτρονόμος σε συνδυασμό με ηλεκτρονόμο χρόνου υπερέντασης, και ηλεκτρονόμο στιγμιαίας υπερέντασης. Με αυτόν τον τρόπο ο ζυγός μπορεί να συντηρεί για ένα χρονικό διάστημα ένα βραχυκύκλωμα, χωρίς να αφοπλίζεται ο αυτόματος διακόπτης Μ.Τ.

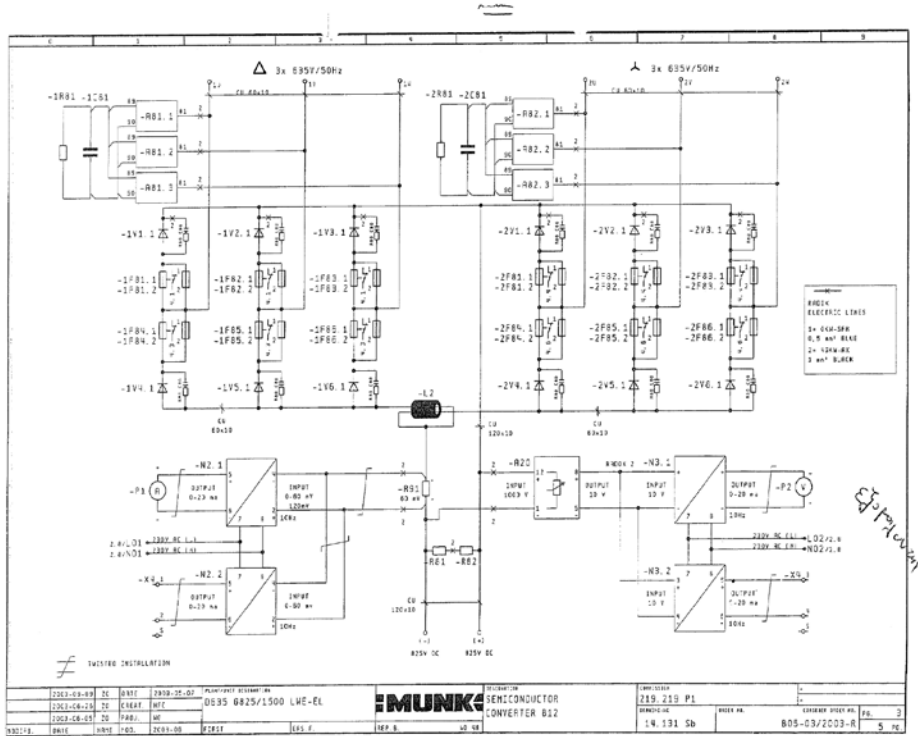
Η υπέρταση των μεταγωγών, που προκαλείται λόγω του φαινομένου της αποθήκευσης φορέων εμποδίζεται μέσω της παράλληλης σύνδεσης αντιστατών και πυκνωτών με διόδους αποτρέποντας με αυτόν τον τρόπο μη επιτρεπόμενη υψηλή τάση αντίθετη στην διεύθυνση των διόδων. Για απόσβεση των εξάρσεων του εναλλασσόμενου και συνεχούς ρεύματος, που είναι πιθανόν να προκληθούν από λειτουργίες μεταγωγής ή ατμοσφαιρικές διαταραχές στο ΣΑΑ, τοποθετείται ένα κύκλωμα RC καταστολής των εξάρσεων στην έξοδο του συνεχούς ρεύματος της μονάδας του ανορθωτή.



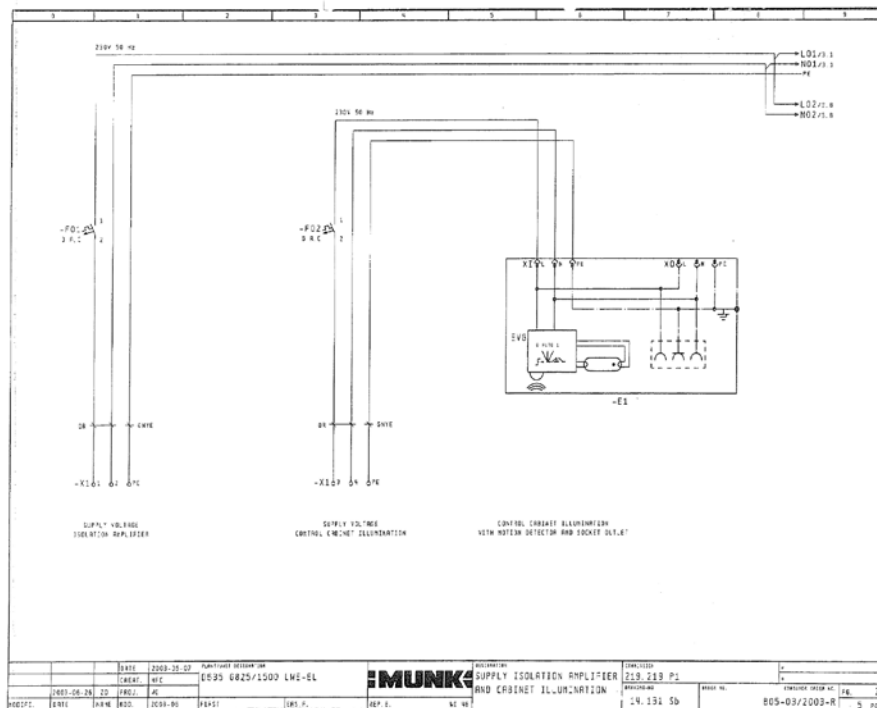
Εικ. 5-11: Ανορθωτής



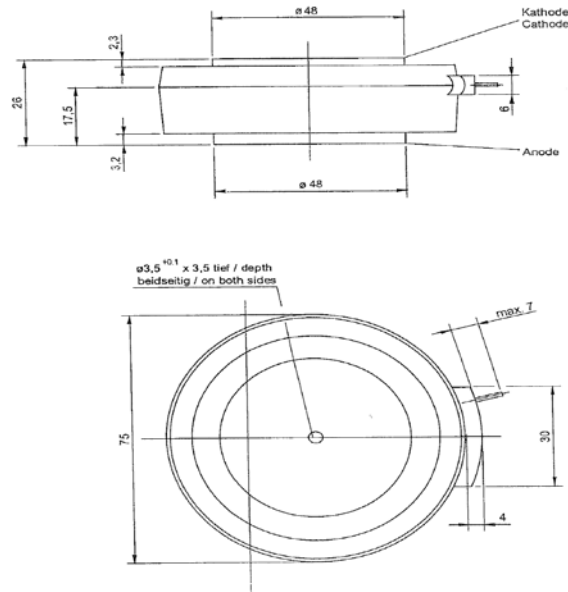
Εικ. 5-12: Ανορθωτής-Σημεία Μηδενικού Δυναμικού



Εικ. 5-13: Ανορθωτής-Γέφυρα μετατροπής

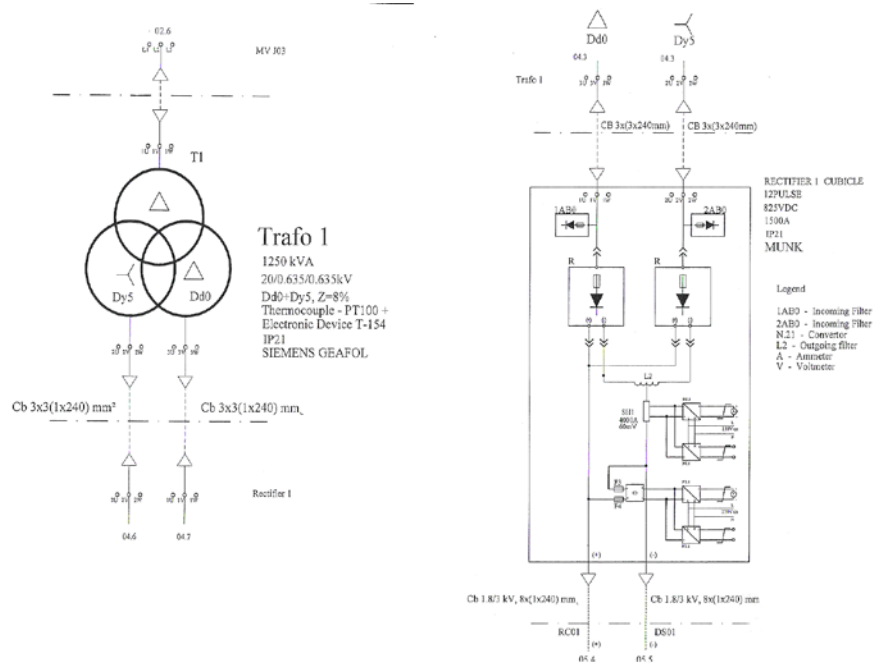


Εικ. 5-14: Ανορθωτής-Έλεγχος και ενισχυτής απομόνωσης



Εικ. 5-15: Ανορθωτής- Δίοδοι

Επίσης, ο συνδυασμός μετασχηματιστή – ανορθωτή παράγει το παρακάτω μονογραμμικό σχέδιο:



Εικ. 5-16: Μονογραμμικό Μ/Σ-Ανορθωτή

5.3.4 Πίνακες Συνεχούς Ρεύματος 750 V

Αποτελείται από 3 πεδία: εισόδου ανορθωτή, τροφοδότησης εναερίου δικτύου, επιστροφής.

Το πεδίο εισόδου ανορθωτή χρησιμοποιείται για την σύνδεση της εξόδου του ανορθωτή στους ζυγούς τροφοδοσίας του πίνακα. Η σύνδεση επιτυγχάνεται μέσω ενός συρόμενου μονοπολικού διακόπτη ισχύος υψηλής ταχύτητας διακοπής και ενός ψηφιακού ηλεκτρονόμου προστασίας του ανορθωτή.

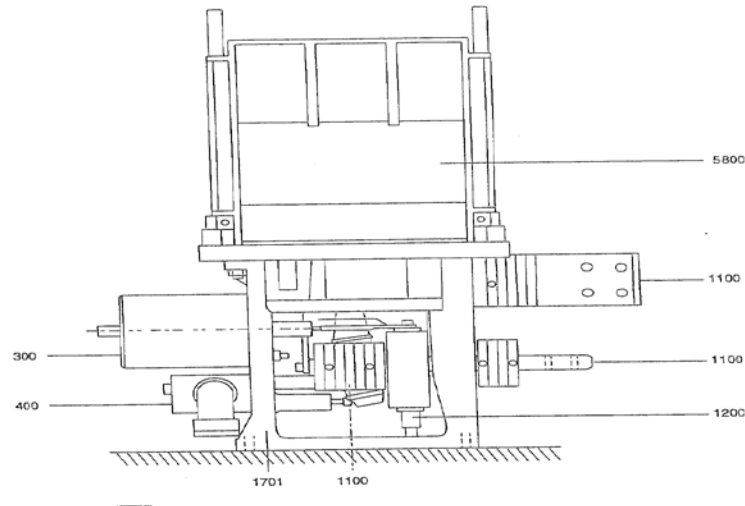
Ο διακόπτης είναι μονοπολικός, συρόμενου τύπου σε φορείο και περιλαμβάνει διατάξεις αφόπλισης λόγω υπερέντασης, υπότασης, καθώς και μέσω πηνίου εργασίας. Χρησιμοποιείται το μοντέλο UR40, ο οποίος είναι υψηλής ταχύτητας με ηλεκτρομαγνητικό έλεγχο και φυσική ψύξη. Λαμβάνοντας υπόψη το μικρό χρονικό διάστημα που χρειάζεται για να αντιδράσει μετά από ένα περιστατικό υπερφόρτισης, είναι απολύτως κατάλληλο για την προστασία του εξοπλισμού συνεχούς ρεύματος σε υποσταθμούς.

Ο διακόπτης κυκλώματος είναι σχεδιασμένος έτσι ώστε να εξασφαλίζει το άμεσο άνοιγμα των επαφών μετά από μια περίπτωση υπερέντασης και να εξαλείφει το τόξο μέσω μιας συνεχούς υπέρτασης, η οποία παράγεται αμέσως και διαρκεί για όλη την διάρκεια του τόξου.

Ο διακόπτης ελέγχου παρέχει τα εξής οφέλη:

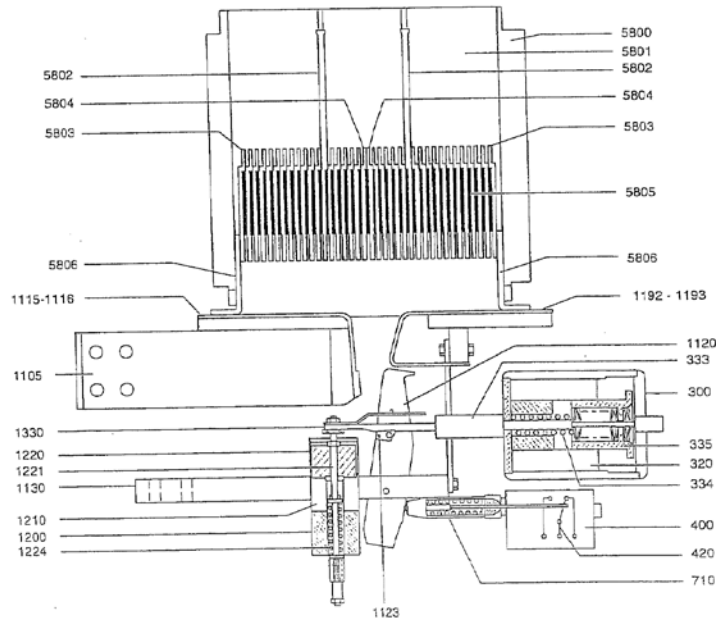
- **Υψηλό επίπεδο μόνωσης όσον αφορά την γείωση**
- **Υψηλή ικανότητα απόζευξης**
- **Δεν επηρεάζεται από τις κλιματολογικές συνθήκες**
- **Το σέρβις έχει μεγάλη διάρκεια**
- **Απλή συντήρηση**
- **Μικρές διαστάσεις**

Όσον αφορά την κατασκευή του διακόπτη, ένα σταθερό πλαίσιο μόνωσης (1701) από πολυεστέρα ενισχυμένο με υαλόνημα, υποστηρίζει το κυρίως κύκλωμα (1100), τη διάταξη απόζευξης (300), τη διάταξη απόζευξης μέσω υπερέντασης, το περίβλημα των βοηθητικών επαφών (400) και τον σχετό τόξου (5800).



Εικ. 5-17: Κύρια εξαρτήματα

Το κυρίως κύκλωμα αποτελείται από έναν κάτω συνδετικό ακροδέκτη (1130) που υποστηρίζει την κινητή επαφή (1120), έναν άνω συνδετικό ακροδέκτη (1105), και από μια επαφή (1115(1)/1116(2)) με επιφάνεια από κράμα αργύρου. Η διάταξη ζεύξης (300) περιλαμβάνει ένα θάλαμο από συμπαγές μαγνήτη με ένα χυτό πηνίο ζεύξης (320). Ο μαγνήτης στεγάζει τον κινητό πυρήνα (335), το ελατήριο πίεσης επαφής (336) και το ελατήριο που επαναφέρει τον πυρήνα (334). Όλα αυτά τα εξαρτήματα είναι τοποθετημένα στη ράβδο ζεύξης (333). Η μονάδα της περόνης (1330) είναι στερεωμένη στο άκρο της ράβδου. Η διάταξη απόζευξης υπερέντασης (1200) αποτελείται από έναν σπλισμό φύλλου εξελάσεως (1210), έναν κινητό πυρήνα (1220) συνδεδεμένο σε μια ράβδο (1221), η οποία συγκρατείται από ένα ελατήριο (1224). Με την βοήθεια αυτής της ράβδου μπορούμε να θέσουμε σε λειτουργία την διάταξη απόζευξης. Οι πέντε βοηθητικές επαφές (400) είναι επαφές αναστροφής (420), οι οποίες ελέγχονται από την κινητή επαφή. Βρίσκονται σε ένα πλαστικό περίβλημα κάτω από την διάταξη ζεύξης. Ο οχετός τόξου (5800) αποτελείται από προεξοχές (5806), διαφράγματα (5805) και πλάκες απιονισμού (5802-5803-5804), τα οποία είναι τοποθετημένα ανάμεσα σε δύο πλάκες που είναι ανθεκτικές σε τόξο (5801).

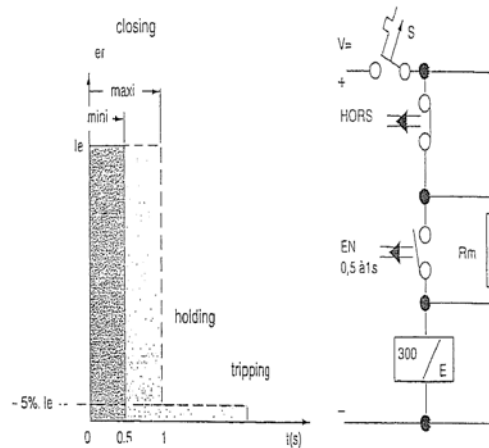


Εικ. 5-18: Αρχή λειτουργίας

Το κυρίως κύκλωμα κλείνει με την βοήθεια μιας διάταξης ζεύξης (300), η οποία λειτουργεί απευθείας την κινητή επαφή (1120). Οι επιφάνειες της σταθερής και της κινητής επαφής είναι κατασκευασμένες από κράμα αργύρου. Τα εύκαμπτα συνδετικά στοιχεία παρέχονται για να τοποθετηθούν μεταξύ του κάτω ακροδέκτη σύνδεσης (1130) και της κινητής επαφής. Ο κραδασμός που δημιουργείται από το κλείσιμο των επαφών απορροφάται από τον απορροφητή κραδασμών (720). Το σύστημα ώθησης (710) προκαλεί το άνοιγμα της κινητής επαφής αν ο διακόπτης κυκλώματος έχει ανοίξει λόγω μιας περίπτωσης υπερέντασης ή λόγω λανθασμένης λειτουργίας. Το σύστημα ώθησης λειτουργεί επίσης και τις πέντε βοηθητικές επαφές αναστροφής (420).

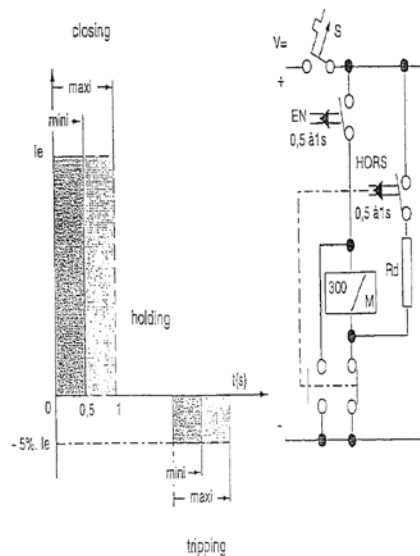
Όσον αφορά την διάταξη ζεύξης, η κινητή επαφή κλείνει μέσω της μονάδας περόνης (1330). Η μονάδα αυτή ενεργοποιείται από την διάταξη ζεύξης και πιέζει την αρπάγη (1123) της κινητής επαφής. Σε περίπτωση που ένας παλμός ρεύματος από 0.5 ως 1 δευτερόλεπτο περάσει μέσα από το πηνίο ζεύξης, ο διακόπτης κυκλώματος κλείνει. Έτσι δημιουργείται ένα μαγνητικό πεδίο το οποίο έλκει τον κινητό πυρήνα που είναι συνδεδεμένος με την μονάδα της περόνης. Ο πυρήνας συμπιέζει ένα ελατήριο (336), πιέζοντας έτσι την επαφή. Ο διακόπτης κυκλώματος μπορεί να παραμείνει κλειστός μέσω ενός ρεύματος συγκράτησης περιορίζεται

στο 5% του ρεύματος ζεύξης.



Εικ. 5-19: Βασικό διάγραμμα

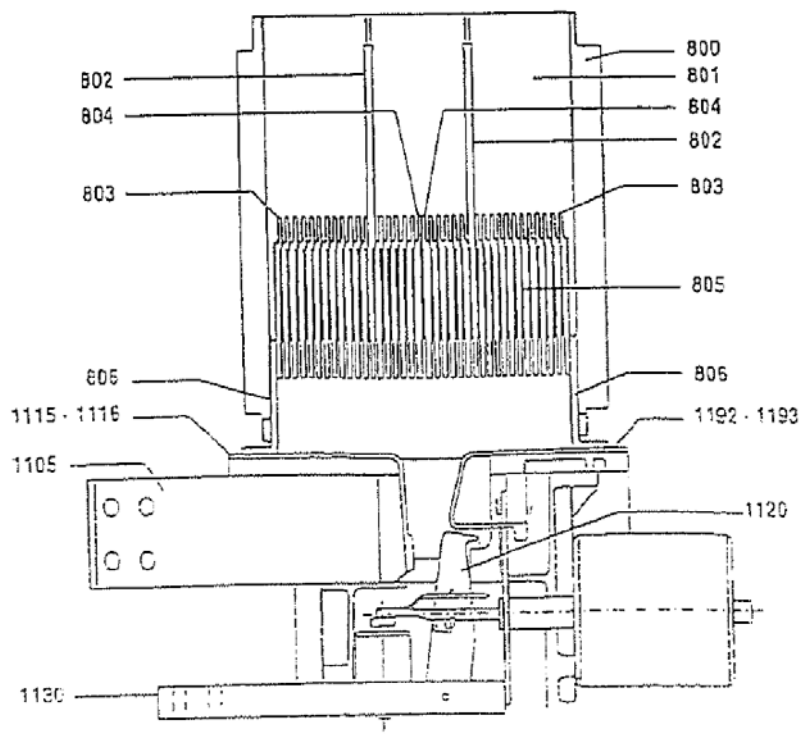
Το άνοιγμα ελέγχεται είτε μέσω διακοπής της ροής του ρεύματος (τύπος E) ή μέσω ενός παλμού αντίθετης πολικότητας (τύπος M). η διάρκεια του παλμού είναι 0,5 δευτερόλεπτα, με ρεύμα ίσο με το ένα πέμπτο του ρεύματος ζεύξης.



Εικ. 5-20: Βασικό διάγραμμα

Όταν ο διακόπτης κυκλώματος ανοίξει με ένα σήμα Off, το ελατήριο αποκατάστασης (334) τραβά προς τα πίσω τη μονάδα της περόνης και ο διωστήρας (710) ανοίγει την κινητή επαφή.

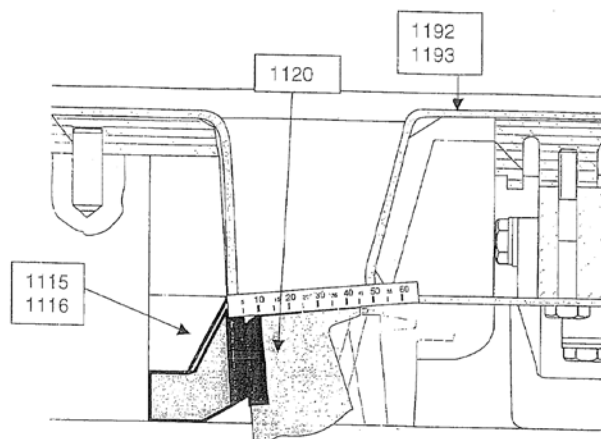
Όταν τώρα ο διακόπτης κυκλώματος είναι ανοικτός, το τόξο που δημιουργείται ανάμεσα στις δύο επαφές (1105 και 1120), μετακινείται γρήγορα στον οχετό τόξου, λόγω της φυσικής απόσπασης που δημιουργείται από τον ευνοϊκό σχεδιασμό του κύριου κυκλώματος και των επαφών στην σωστή τους θέση. Μόλις το τόξο εισαχθεί στον αγωγό του τόξου (5800) χωρίζεται από τις προεξοχές (5806) και από τα διαφράγματα (5805) και πιέζεται προς τα πάνω. Τα φλεγόμενα αέρια αποϊονίζονται κατά την απελευθέρωση ανάμεσα στις μονωτικές πλάκες (5802-5803-5804) που βρίσκονται πάνω στα διαφράγματα. Κατά την εξάλειψη του τόξου, ρέει ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του άνω ακροδέκτη σύνδεσης (1105) και του φορτίου επαφής (1115/1116) από την μία πλευρά και μέσω των πόλων (1192/1193) και του κάτω ακροδέκτη σύνδεσης (1130) με την βοήθεια των προεξοχών του ανεμιστήρα (1191) στην άλλη πλευρά.



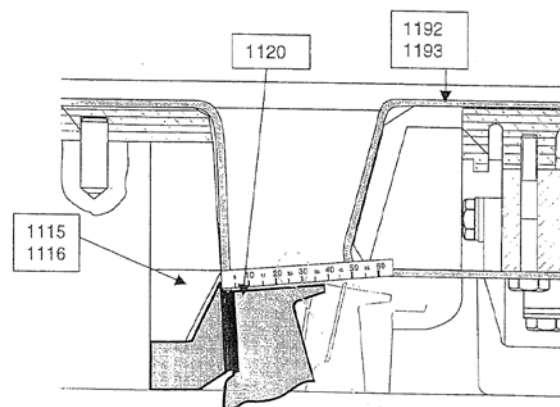
Εικ. 5-21: Αγωγός εξάλειψης τόξου

Όσον αφορά τώρα την συντήρηση του διακόπτη, παρατηρείται ότι η πιο συχνή αιτία φθοράς του διακόπτη είναι η φθορά λόγω του τόξου. Υπάρχει μία συγκεκριμένη ρουτίνα ελέγχων που πρέπει να γίνονται και κάποια δεδομένα κριτήρια που πρέπει να εκπληρούνται ώστε να γίνει αντικατάσταση του εξοπλισμού. Ο έλεγχος και η συντήρηση των επαφών του διακόπτη πρέπει να γίνονται με ιδιαίτερη προσοχή και να σκουπίζονται από τυχόν αποθέσεις αιθανόλης.

Οι βασικές επαφές μπορούν να υποστούν φθορά μέχρι και 10 mm. Στην πράξη, έχει αποδειχθεί ότι ακόμα και με συνεχή χρήση, η φθορά αυτή συμβαίνει μόνο μετά από λειτουργία πολλών χρόνων. Προκαλεί μείωση της πίεσης των επαφών, ενώ ταυτόχρονα η διαδρομή του εμβόλου της διάταξης ζεύξης αυξάνεται κατά 5 mm.



Εικ. 5-22: Καινούριες επαφές



Εικ. 5-23: Φθαρμένες επαφές

Προβλέπεται και ηλεκτρονόμος παλμού με διέγερση από τον ρυθμό αύξησης της έντασης. Η λειτουργία αυτή αποτελεί προϋπόθεση για την προστασία έναντι εξωτερικού βραχυκυκλώματος.

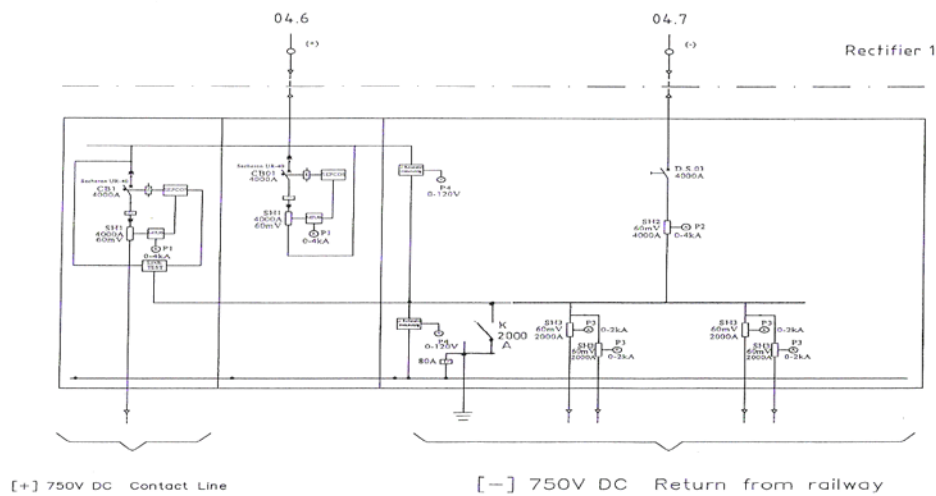
Για την μέτρηση του ρεύματος DC προβλέπεται ειδική διάταξη στην γραμμή τροφοδότησης, η οποία δίνει τάση 60 mV στα 4 kA. Η τάση αυτή ενισχύεται μέσω κατάλληλου μετατροπέα σε 10 V και μέσω της μονάδας αφόπλισης ενεργοποιεί τον ηλεκτρονόμο του αυτόματου διακόπτη.

Το πεδίο τροφοδότησης εναερίου δικτύου τροφοδοτεί με ισχύ το εναέριο δίκτυο μέσω των τροφοδοτικών καλωδίων, που αναχωρούν από κάθε Υ/Σ Έλξεως. Σε κάθε γραμμή τροφοδότησης παρεμβάλλεται τις συρόμενος μονοπολικός διακόπτης ισχύος υψηλής ταχύτητας διακοπής και ψηφιακός ηλεκτρονόμος προστασίας τις γραμμής.

Το πεδίο επιστροφής χρησιμοποιείται για την σύνδεση των καλωδίων επιστροφής από τις σιδηροτροχιές στον ανορθωτή μέσω χειροκίνητων μονοπολικών αποζευκτών. Για κάθε γραμμή τροφοδότησης εναερίου δικτύου αντιστοιχεί 1 διακόπτης φορτίου. Στο πεδίο εντοπίζονται τις ηλεκτρονόμος προστασίας (voltage relay), που ελέγχει την τάση του αρνητικού πόλου (του δυναμικού τις σιδηροτροχιάς δηλαδή) ως τις γη και τις contactor, που συνδέει τις σιδηροτροχιές με την γη όταν το δυναμικό υπερβεί τα επιτρεπτά όρια.

Το αντίστοιχο μονογραμμικό διάγραμμα είναι αυτό που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

Power Supply [+] For line contact	Trafo [+] incoming	Trafo [-] incoming & Return/Pcables from railway
Feder Cubicle 1 Un=750V DC In=4.000A	Trafo 1 Un=750V DC In=4.000A	Trafo 1 In=4.000A
FC1	RC01	DS01



Εικ. 5-24: Μονογραμμικό Πίνακα DC

5.3.5 Βοηθητικός Πίνακας Χαμηλής Τάσης 400 V / 230 V AC και 110 V DC

Τα δύο αυτά βοηθητικά κυκλώματα παρέχουν ενέργεια για την λειτουργία όλων των υποσυστημάτων ενός Υ/Σ Έλξης. Η τριφασική παροχή των 400 V χρησιμοποιείται για την λειτουργία του συστήματος κλιματισμού / αερισμού, των κυκλωμάτων φωτισμού / ρευματοδοτών και του ανορθωτή 110 V. Με την βοήθεια κατάλληλου ανορθωτή το EP 400 V μετατρέπεται σε ΣΡ 110 V και τροφοδοτεί τα κυκλώματα χειρισμών στο εσωτερικό των πινάκων μέσης και χαμηλής τάσης, στον πίνακα προστασίας μετασχηματιστή, τα κυκλώματα ενδείξεων των πινάκων καθώς και τα κυκλώματα του συστήματος SCADA. Για μεγαλύτερη αξιοπιστία της βοηθητικής παροχής ΣΡ συνδέεται παράλληλα και ένα σύστημα αδιάλειπτης τροφοδοσίας (UPS) 110 V.

5.3.6 Συσσωρευτές και συσκευές φόρτισης- UPS

Και τα δύο αυτά συστήματα παρέχουν ΣΡ 110 V στον πίνακα βοηθητικών κυκλωμάτων και χρησιμεύουν σε περίπτωση μη λειτουργίας του ανορθωτή 110 V.

Είναι καίριας σημασίας τόσο η φόρτιση όσο και η εκφόρτιση να γίνονται εντός ορισμένων ορίων, όπως επιτάσσουν οι ισχύοντες κανονισμοί αλλά και η πολιτική ορθής λειτουργίας και συντήρησης ενός συσσωρευτή.

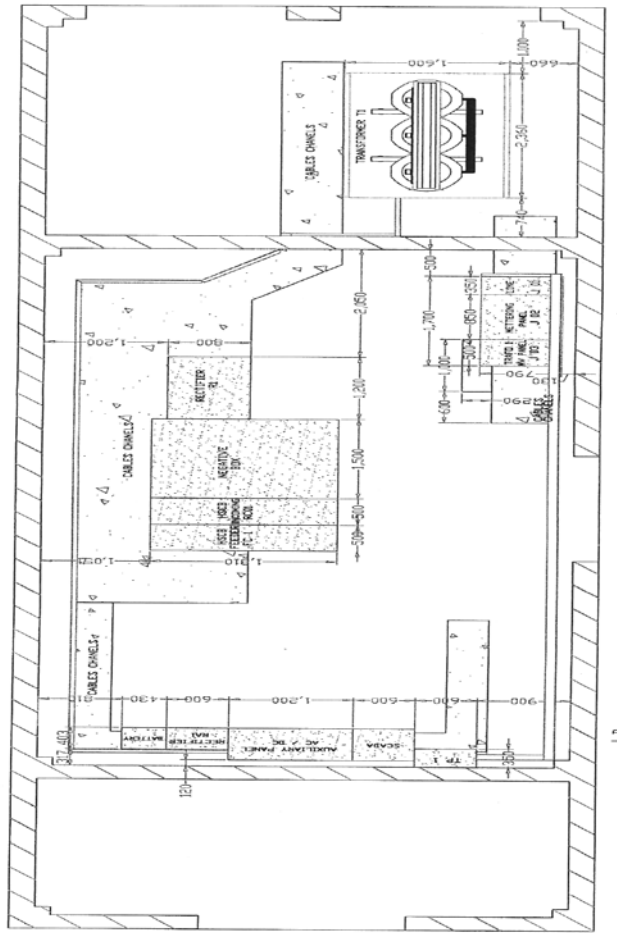
5.3.7 Σύστημα Ελέγχου και Λήψης Δεδομένων (ΣΕΛΔ), SCADA

Το σύστημα SCADA επιτρέπει τον έλεγχο και χειρισμό των εγκαταστάσεων στους Υ/Σ Έλξης σε πραγματικό χρόνο. Αποτελείται από επιτόπου κεντρικές μονάδες ανά Υ/Σ Έλξης, οι οποίες συγκεντρώνουν τα μετρούμενα μεγέθη και τις ενδείξεις κατάστασης του εξοπλισμού και τα προωθούν προς την κεντρική μονάδα του Κέντρου Ελέγχου μέσω ενσύρματου μητροπολιτικού δικτύου. Αντίστροφη πορεία διαγράφεται για τις εντολές προς του ηλεκτρονόμους ή τον υπόλοιπο εξοπλισμό των Υ/Σ Έλξης. Συνοπτικά, οι λειτουργίες του συστήματος SCADA συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- **Δυνατότητα χειρισμών και ενδείξεις θέσεως όλων των διακοπών ισχύος 20 KV AC και 750 V DC, καθώς και όλων των ηλεκτροκίνητων αποζευκτών που συνδέουν τους τροφοδότες με την εναέρια γραμμή**
- **Ενδείξεις τιμών τάσης 20 KV AC, 400 V AC, 750 V DC, UPS, 110 V DC, βοηθητικού πίνακα και συσσωρευτών**
- **Ενδείξεις τιμών έντασης εισόδου Μ/Σ, τροφοδοτών εναέριας γραμμής**
- **Ενδείξεις ενεργού και άεργου ισχύος πινάκων ΜΤ**
- **Ενδείξεις λειτουργίας ηλεκτρονόμων προστασίας σε όλους τους πίνακες και ηχητικές ενδείξεις σφαλμάτων διακοπών ισχύος, υπερθέρμανσης Μ/Σ, συστήματος πυροπροστασίας, συστήματος αερισμού.**
- **Καταγραφή λειτουργικών συμβάντων κάθε Υ/Σ Έλξης**

5.4 Κατασκευή

Ένας τυπικός υποσταθμός έχει την παρακάτω κάτοψη:



Εικ. 5-25: Κάτοψη τυπικού Υ/Σ

Οι γειώσεις του υποσταθμού περιγράφονται στο σχέδιο με στοιχεία DFD-DR-TPS-GN-ERT-1402-0-G.

Κάθε εγκατάσταση νοείται γειωμένη σύμφωνα με τους κανονισμούς. Το σύστημα γειώσεως προστασίας που εφαρμόζεται είναι θεμελιακή γείωση για τον υποσταθμό ισχύος έλξης και περιμετρική γείωση για την αντικεραυνική προστασία.

Η αντίσταση γείωσης του υποσταθμού δεν ξεπερνά το 1 Ω, ώστε να ασφαλίσει το προσωπικό από επικίνδυνες τάσεις επαφής.

Τόσο στον χώρο Μ.Τ. της ΔΕΗ, όπου η ΔΕΗ έχει εγκαταστήσει τη διάταξη άφιξης και μέτρησης Μ.Τ., όσο και στον χώρο πινάκων του υποσταθμού ισχύος έλξης έχει κατασκευαστεί ισοδυναμικό πλέγμα που επεκτείνεται σε όλη την επιφάνειά του. Ειδικότερα οι σιδερένιες βέργες του δομικού πλέγματος του δαπέδου, που βρίσκεται σε βάθος 5 εκατοστών περίπου από την τελική στάθμη που εδράζονται οι πίνακες Μ.Τ., και σε όλο το εμβαδόν του έχουν ηλεκτροσυγκολληθεί μεταξύ τους.

Στο πλέγμα έχουν ηλεκτροκολληθεί επίσης τουλάχιστον 4 βέργες διαμέτρου Φ6, μία σε κάθε πλευρά, που εξέχουν από το δάπεδο.

Σε ύψος 50 εκατοστών από το δάπεδο που εδράζονται οι πίνακες, έχει τοποθετηθεί περιμετρικά στον τοίχο γαλβανισμένη ταινία διατομής 40x4 χιλιοστών. Στην ταινία γείωσης έχουν συνδεθεί:

- **Οι σιδερένιες βέργες που βγαίνουν από το ισοδυναμικό πλέγμα.**
- **Ο αγωγός γείωσης των μεταλλικών μερών των πινάκων**
- **Η μεταλλική πόρτα εισόδου**
- **Οι μεταλλικοί αγωγοί αποχέτευσης**

Η περιμετρική ταινία σε όλους τους χώρους, το πλέγμα δαπέδου και τα μεταλλικά μέρη των στοιχείων του υποσταθμού συνδέονται με την θεμελιακή του κτιρίου, στην οποία συνδέεται και η περιμετρική γείωση. Η αντίσταση γείωσης προστασίας δεν πρέπει να ξεπερνά το 1 Ω.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΛΞΗΣ- ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ ΑΛΥΣΟΕΙΔΟΥΣ – ΣΙΔΗΡΟΤΡΟΧΙΕΣ

6.1 Εισαγωγή

Στο προηγούμενο κεφάλαιο είδαμε εκείνη την συνιστώσα του Συστήματος Ισχύος Έλξης η οποία είναι επιφορτισμένη με την παροχή της απαραίτητης ισχύος για την κίνηση των οχημάτων και την κάλυψη των διαφόρων δευτερευουσών αναγκών του συστήματος.

Όμως, η ενέργεια που παράγεται πρέπει με κάποιον τρόπο να διανεμηθεί στα οχήματα. Αυτό γίνεται μέσω των εναέριων γραμμών ή, όπως είναι η κανονική ονομασία, του Συστήματος Ανάρτησης Αλυσοειδούς.

Σκοπός λοιπόν αυτού του κεφαλαίου είναι η διαπραγμάτευση των σημαντικότερων ζητημάτων που προκύπτουν κατά την μελέτη του ΣΑΑ. Επίσης, θα θίξουμε και κάποια ζητήματα που ενσκύπτουν κατά την μελέτη των σιδηροτροχιών, οι οποίες μαζί με το ΣΑΑ λογίζονται γενικά ως Δίκτυο.

6.2 Θέματα αλυσοειδούς

Οι γραμμές χωρίζονται σε γραμμές διανομής και σε γραμμές επαφής. Η χρήση τους σε αστικό περιβάλλον επιβάλλει μία σειρά προδιαγραφών, οι οποίες επιγραμματικά είναι οι ακόλουθες:

- **Ασφάλεια στην λειτουργία**
- **Συνέχεια δομής, χωρίς διακοπές**
- **Χρήση εξοπλισμού μεγάλης διάρκειας ζωής**
- **Υψηλή μηχανική και ηλεκτρική αντοχή**
- **Υψηλή αντοχή σε φορτία ανέμου και πάγου**
- **Υψηλή αισθητική**

Όπως είδαμε και στο 4^ο κεφάλαιο, η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται στα οχήματα μέσω κατάλληλων διατάξεων, που ονομάζονται παντογράφοι. Πέρα από τα τεχνικά χαρακτηριστικά που έχουν αναλυθεί στην αντίστοιχη παράγραφο, το σημείο συλλογής του οχήματος, στο οποίο συνδέεται ο παντογράφος, πρέπει να πληρεί τις παρακάτω ιδιότητες:

- **Χαμηλή αντίσταση επαφής**
- **Υψηλό σημείο τήξης**
- **Καλή θερμική αγωγιμότητα**
- **Μικρό βάρος**
- **Υψηλή αντοχή πίεσης**
- **Υψηλή ελαστικότητα**
- **Χαμηλός συντελεστής τριβής**

Ένα άλλο θέμα που σχετίζεται με τον παντογράφο είναι αυτό της αεροδυναμικής αντίστασης, που όπως καταλαβαίνουμε σε τραμ υψηλής ταχύτητας αυτό το φαινόμενο αποκτά ιδιαίτερη σημασία. Για να αποφευχθεί, ή τουλάχιστον να ελαττωθεί αυτό το φαινόμενο, θα πρέπει να γίνει κατάλληλη πρόβλεψη κατά τον σχεδιασμό και κατά την παραγγελία του εξοπλισμού. Δηλαδή, θα πρέπει να γίνει παραγγελία κατάλληλων αεροδυναμικών παντογράφων για οχήματα που θα χρησιμοποιηθούν σε γραμμές υψηλής ταχύτητας.

Όσον αφορά τώρα τα συστήματα ανάρτησης των γραμμών, χρησιμοποιούνται διάφορα είδη, ανάλογα με την μέγιστη ταχύτητα της γραμμής στην οποία χρησιμοποιούνται. Έτσι, διακρίνουμε τα εξής συστήματα:

- **Μονού σημείου**
Η μεταξύ τους απόσταση είναι 30 μέτρα, ενώ δεν μπορεί σε αυτές να προστεθεί διάταξη αντιστάθμισης. Χρησιμοποιούνται σε γραμμές ταχύτητας 40 km/h.
- **Τύπου pendant**
Χρησιμοποιούνται σε γραμμές ταχύτητας 50 km/h, ενώ το μεταξύ τους διάστημα είναι 40 μέτρα.
- **Τύπου γέφυρας**
Χρησιμοποιούνται σε γραμμές ταχύτητας 60 km/h, ενώ το μεταξύ τους διάστημα είναι 55 μέτρα.
- **Ελαστικού τύπου**

Χρησιμοποιούνται σε γραμμές ταχύτητας 100 km/h, ενώ το μεταξύ τους διάστημα είναι 30 μέτρα.

- **Τύπου ράβδου**
Χρησιμοποιούνται σε γραμμές ταχύτητας 80 km/h, ενώ το μεταξύ τους διάστημα είναι 30 μέτρα.

6.3 Επιλογή στύλων στήριξης

Οι επί μέρους θέσεις και το είδος των μέσων στήριξης της αλυσοειδούς είναι μέρος της μελέτης εναέριας γραμμής. Ανάλογα με την λειτουργία τους, οι στύλοι διακρίνονται σε:

- **Απλούς στύλους ανάρτησης αλυσοειδούς**
- **Στύλους μέσου σημείου**
- **Στύλους αγκύρωσης**

Οι τοποθετήσεις των στύλων γίνονται ύστερα από προεπιλογή των αποστάσεων μεταξύ των στύλων, της απόκλισης από τον άξονα γραμμής των σημείων στήριξης αλυσοειδούς και τον καθορισμό του μήκους των τανυστικών ζωνών με εξάρτηση από την μορφή της διαδρομής.

Τα επίτονα επιλέγονται συνήθως με την χρήση υπολογιστικού προγράμματος. Πριν από αυτό το στάδιο όμως, θα πρέπει να έχει γίνει η οριστική χωροθέτηση των στύλων, αφού σε αντίθετη περίπτωση μπορεί να οδηγηθούμε σε σοβαρά σφάλματα.

Με τις φορτίσεις όλοι οι στύλοι παραμορφώνονται. Οι τοποθετήσεις των στύλων γίνονται έτσι ώστε μετά τις φορτίσεις να μην φαίνονται ορατές παραμορφώσεις. Οι περιορισμοί στις παραμορφώσεις, ιδίως στους χαλύβδινους στύλους, οδηγούν στον καθορισμό των διατομών. Ιδιαίτερα αυτό συμβαίνει στους στύλους με προφίλ Η, ενώ σε δικτυωτούς στύλους που θεωρούνται πιο στιβαροί, γίνονται υπολογισμοί παραμορφώσεων μόνο σε πολύ υψηλές κατασκευές.

Οι βασικοί περιορισμοί που λαμβάνονται υπόψη στις αλυσοειδείς, είναι:

- Παραμόρφωση από φορτίο αέρος στο ύψος του σύρματος επαφής
25 mm
- Παραμόρφωση από σταθερά φορτία αλυσοειδούς στο ύψος του
σύρματος επαφής 1% του ύψους σύρματος επαφής
- Παραμόρφωση από μέγιστο φορτίο στο ύψος του σύρματος επαφής
1,5% του ύψους σύρματος επαφής
- Επίσης, οι αναπτυσσόμενες τάσεις πρέπει να παραμένουν σε εργασία της διατομής στην ελαστική περιοχή. Για χαλύβδινους στύλους διατομής Η, η απόκλιση σε ένα σημείο x λόγω μίας εφαρμοζόμενης δύναμης σε ύψος h πάνω από την βάση είναι:

$$f_x = \frac{F}{\sigma \cdot E \cdot J_x} (3 \cdot h \cdot x^2 - x^5)$$

Το βέλος στο σημείο εφαρμογής της δύναμης είναι:

$$f_h = \frac{F \cdot h^3}{3 \cdot E \cdot J_y}$$

, ενώ η κλίση στο σημείο εφαρμογής της δύναμης θα είναι:

$$\psi_h = \frac{F \cdot h^2}{2 \cdot E \cdot J_y}$$

Επειδή διάφορα είδη φορτίσεων επιβάλλονται ταυτόχρονα στους στύλους, πρέπει να γίνουν οι διάφοροι συνδυασμοί φορτίσεων κατά την διάρκεια λειτουργίας για να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος αστοχίας. Σχετικά πρότυπα είναι τα EN50119 και IEC 60913.

Τα φορτία χωρίζονται σε κανονικά και επιπρόσθετα. Κανονικά φορτία είναι τα περιεχόμενα από τις συνήθεις δυνάμεις αλυσοειδούς, ενώ επιπρόσθετα είναι τα φορτία ανέμου, χιονιού, διακοπτών, κλπ.

Τέλος, όσον αφορά την μορφολογία των στύλων και το υλικό κατασκευής τους, κατατάσσονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Δικτυωτοί στύλοι

Κατασκευάζονται από σιδηρογωνίες 80x80x8, με διατομές στην βάση τους έως 1600x2000 mm².

- **Διπλού πι**

Αποτελούνται από δύο διατομές πι που συνδέονται με λάμες.

- **Πόλοι διατομής Η**

Χρησιμοποιούνται διατομές του εμπορίου. Μειονέκτημα είναι το υψηλό τους βάρος σε σχέση με την αντοχή τους. Επίσης τα βέλη στα ύψη εφαρμογής των δυνάμεων είναι μεγαλύτερα συγκρινόμενα με τους στύλους διπλού π και οδηγούν σε βαρύτερες κατασκευές. Προσφέρουν μικρή αντοχή σε στρέψη που περιορίζει την χρήση τους σε στύλους με 2 προβόλους.

- **Κωνικού χαλύβδινοι στύλοι λεπτού πάχους**

Ενδιαφέρει η χρήση τους εντός αστικών περιοχών και οι διαστάσεις τους μπορούν να προσαρμοστούν εύκολα στις συνθήκες φόρτισης.

- **Στύλοι από σκυρόδεμα κυκλικής διατομής με κωνικότητα τουλάχιστον 15 mm/m**

Ο οπλισμός τους μπορεί να είναι συμβατικός ή προεντεταμένος, όπως είναι η κυριαρχούσα τάση. Όταν παράγονται με ελεγχόμενη διαδικασία οδηγούν σε μακρά διάρκεια ζωής χωρίς συντήρηση.

6.4 Σχεδίαση αλυσοειδούς σε καμπύλες τροχιές

Σκοπός αυτής της σημαντικής διαδικασίας είναι η τοποθέτηση των στύλων της αλυσοειδούς επί της καμπύλης τροχιάς (ακτίνας καμπυλότητας R), έτσι ώστε η μεταξύ των στύλων αποστάσεις L να δημιουργούν μεγάλη απόκλιση από τον άξονα γραμμής των σημείων στήριξης της αλυσοειδούς (stagger-S). Με αυτόν τον τρόπο, εξασφαλίζεται η ασφαλής διέλευση του παντογράφου του οχήματος.

Η συνήθης πρακτική είναι το stagger να μην υπερβαίνει το ¼ του ενεργού μέρους του παντογράφου, που συνήθως κυμαίνεται γύρω στο 1,20 m. Επομένως, το stagger είναι περίπου 30-35 cm.

Αν η χορδή της αλυσοειδούς επιτρέπεται να δημιουργεί stagger εσωτερικά και εξωτερικά της καμπύλης τροχιάς, τότε πρέπει να ικανοποιείται η σχέση:

$$L = 4\sqrt{R \cdot S}$$

Στην περίπτωση που εσωτερικά της καμπύλης επιτρέπεται stagger $s/2$ και εξωτερικά επιτρέπεται stagger s , η ισχύουσα σχέση που πρέπει να ικανοποιείται είναι:

$$3S^2 + 12R \cdot S - L^2 = 0$$

Στην περίπτωση που δεν επιτρέπεται stagger εσωτερικά της καμπύλης και η τροχιά της αλυσοειδούς εφάπτεται της καμπύλης τροχιάς, η ισχύουσα σχέση που πρέπει να ικανοποιείται είναι:

$$L = 2\sqrt{2 \cdot R \cdot S + S^2}$$

6.5 Αναπτυσσόμενες δυνάμεις

Σύμφωνα με τον κανονισμό EN50119 πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα φορτία-δυνάμεις:

- Νεκρά φορτία αγωγών-συρμάτων-εξαρτημάτων**
Με βάση τις μάζες ανά μέτρο μήκους των χρησιμοποιούμενων αγωγών υπολογίζουμε το φορτίο ανά άνοιγμα (από στύλο σε στύλο) που μεταφέρεται σε κάθε στύλο.
- Μέγιστες επιτρεπόμενες τανυστικές δυνάμεις**
Οι δυνάμεις τάνυσης κυμαίνονται συνήθως από 10 έως 15 KN. Σε υψηλότερες ταχύτητες η τάνυση του σύρματος επαφής είναι 21 KN και του σύρματος ανάρτησης 27 KN. Για πολύ μεγάλες ταχύτητες η τάνυση του σύρματος επαφής μπορεί να φτάσει τα 33 KN.
Η βάση των υπολογισμών είναι η επιτρεπόμενη τάση των χρησιμοποιούμενων υλικών σε συνδυασμό με την διατομή των αγωγών, με μείωση της δύναμης βάσει των συντελεστών που δίδει το EN50119.
Οι κατακόρυφες δυνάμεις τάνυσης υπολογίζονται με βάση τα βάρη των αγωγών, ενώ οι οριζόντιες δυνάμεις παρουσιάζονται σε καμπύλες τροχιές, στα stagger του σύρματος επαφής και στις αποκλίσεις των τανυστικών στύλων.
- Φορτία ανέμου**
Υπακούουν στην σχέση:

$$F_w = c \cdot P \cdot A$$

$c \rightarrow$ συντελεστής στύλου 0,7-1,7

$$P \rightarrow \text{πίεση ανέμου} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot u^2$$

$\gamma \rightarrow$ πυκνότητα αέρα (συνήθως $1,250 \frac{kg}{m^3}$ στους $20^\circ C$)

$u \rightarrow$ ταχύτητα ανέμου

- **Επιπρόσθετα φορτία όπως φορτία τοποθέτησης και πάγου**

Τα φορτία παγετού πρέπει να υπολογίζονται από τοπικές παρατηρήσεις. Αν δεν υπάρχουν τοπικά στοιχεία, λαμβάνονται από τον τύπο:

$$G_{\text{παγετού}} = 5 + 0.1d \frac{N}{m}$$

$d \rightarrow$ διάμετρος σύρματος σε mm

Οι γερμανικοί σιδηρόδρομοι λαμβάνουν ως φορτίο παγετού το μισό του ανωτέρω τύπου, λόγω της θερμότητας που αναπτύσσουν τα σύρματα κατά την λειτουργία τους και λόγω της αποτίναξης στοιχείων πάγου που κάνει ο παντογράφος κατά την διέλευσή του.

- **Μεταβατικά φορτία που αφορούν κοπή συρμάτων**

6.6 Μονωτές

Οι μονωτές απομονώνουν τις ηλεκτρικές ζώνες μεταξύ τους και ως προς την γη. Ικανοποιούν ταυτόχρονα τις απαιτήσεις ηλεκτρικής μόνωσης και αντοχής.

Τοποθετούμενοι για διαχωρισμό ηλεκτρικών ζωνών υπόκεινται σε δυνάμεις εφελκυσμού ενώ τοποθετούμενοι πάνω σε προβόλους υπόκεινται σε θλιπτικές δυνάμεις και καμπτικές ροπές.

Η επιλογή και σχεδίαση των μονωτών λαμβάνει υπόψη:

- τις ηλεκτρικές απαιτήσεις μόνωσης
- τις μηχανικές καταπονήσεις

Σαν μονωτικά υλικά χρησιμοποιούνται πορσελάνη ομάδας C120/EN 60672-1, γυαλί ή πλαστικό ενισχυμένο με ίνες γυαλιού. Για εξωτερική χρήση πλαστικών απαιτείται ειδική πρόνοια για την αντίσταση στην υπεριώδη ακτινοβολία και αντοχή στις

αλλαγές καιρικών συνθηκών. Τα πλαστικά έχουν καλύτερες ιδιότητες στην διαμόρφωση αλλά υστερούν σε σχέση με την ηλεκτρική μόνωση έναντι της πορσελάνης και του γυαλιού.

Όσον αφορά τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά, η ονομαστική τάση και οι υπερτάσεις που μπορεί να εμφανισθούν στην αλυσοειδή καθορίζουν την τάση διάσπασης των μονωτών. Η ονομαστική τάση και η κατηγορία υπερτάσεων καθορίζουν και την αντίσταση σε ωστική τάση.

Οι γραμμές των αλυσοειδών κατανέμονται στην κατηγορία υπερτάσεων IV σύμφωνα με τον EN50124-1. Σύμφωνα με το ίδιο πρότυπο, για μόνιμη τάση 720 V, δηλαδή ονομαστική τάση 800V DC, το επίπεδο διηλεκτρικής αντοχής σε ωστική τάση καθορίζεται σε 12 kV.

Αν τα συστήματα αλυσοειδούς προστατεύονται από συσκευές προστασίας έναντι υπέρτασης, τότε εμπίπτουν στην κατηγορία υπερτάσεων III, και το επίπεδο διηλεκτρικής αντοχής σε ωστική τάση είναι 8 kV.

Όσον αφορά την μηχανική αντοχή, αυτή πρέπει να υπακούει σε κάποιους περιορισμούς, σύμφωνα με τον EN50119. Πιο συγκεκριμένα, η ελάχιστη αντοχή εφελκυσμού του μονωτή δεν μπορεί να είναι μικρότερη του 95% αντοχής της γραμμής, η μέγιστη δύναμη εφελκυσμού που εργάζεται επί του μονωτή δεν πρέπει να υπερβαίνει το 40% της ελάχιστης αντοχής σε εφελκυσμό του μονωτή, ενώ η μέγιστη καμπτική ροπή που εργάζεται επί του μονωτή δεν πρέπει να υπερβαίνει το 40% του καμπτικού φορτίου που δέχεται ο μονωτής.

6.7 Συντήρηση εναέριων γραμμών

Η συντήρηση της εναέριων γραμμών επαφής είναι μία ζωτικής σημασίας ενέργεια, η οποία επιτρέπει την διατήρηση των εγκαταστάσεων στην βέλτιστη κατάσταση λειτουργίας, την διατήρηση της επαφής μεταξύ παντογράφου και καλωδίου επαφής στα αποδοτικότερα δυνατά επίπεδα, την ενίσχυση της απόδοσης και της αξιοπιστίας του συστήματος και την αποφυγή υπερβολικής βλάβης των συσκευών που απαρτίζουν την γραμμή.

Η συντήρηση είναι μία πολύπλοκη διαδικασία που περιλαμβάνει διάφορες συνιστώσες. Αν προσπαθήσουμε να την ταξινομήσουμε, θα πάρουμε μία ιεράρχηση που θα είναι η εξής:

- **Οπτική επιθεώρηση από το βαγόνι**

Σκοπός της συγκεκριμένης διαδικασίας είναι η επιθεώρηση των σιδηροτροχιών από το βαγόνι του τραμ. Αυτό μας επιτρέπει να αποκτήσουμε μία γενική ιδέα με την κατάσταση της εγκατάστασης και να εντοπίσουμε ανωμαλίες στην γραμμή. Αυτή γίνεται ανά εβδομάδα.

- **Γενική οπτική επιθεώρηση**

Σκοπός της είναι ο εντοπισμός των κατεστραμμένων υλικών και η επίσηση της προσοχής σε όλα τα στοιχεία των οποίων η δυσλειτουργία θα μπορούσε να προξενήσει βλάβες στην σωματική ακεραιότητα των ατόμων. Αυτή γίνεται ανά μήνα.

Από την στιγμή τώρα που εντοπίζεται η βλάβη, γίνονται ενέργειες για να εξεταστεί η φύση της και η εξέλιξη της εξάλειψής της. Οι ενέργειες αυτές γίνονται δύο ημέρες μετά τις διορθωτικές ενέργειες, ή ανά τακτά χρονικά διαστήματα, ανάλογα με την φύση της βλάβης.

- **Έλεγχος των υψών και μετατοπίσεων-έλεγχος των αποστάσεων μόνωσης**

Η επιθεώρηση αυτή διενεργείται μετά από κάθε επαναλειτουργία του συστήματος της εναέριας γραμμής και σύμφωνα με το πρόγραμμα επιθεωρήσεων. Η έλλειψη παρατηρητικότητας στην συγκεκριμένη διαδικασία είναι πιθανό να οδηγήσει σε δυνητικά επικίνδυνες καταστάσεις για το τροχαίο υλικό, τις σταθερές εγκαταστάσεις και την ασφάλεια του προσωπικού.

- **Μετρήσεις πάχους του καλωδίου επαφής**

Οι μετρήσεις γίνονται προκειμένου να ελεγχθεί η κατάσταση του καλωδίου επαφής, να αναλυθεί το επίπεδο φθοράς του και να προγραμματιστεί η αντικατάστασή του στα πλαίσια των προγραμματισμένων εργασιών συντήρησης. Αυτές οι μετρήσεις διενεργούνται σύμφωνα με το πρόγραμμα επιθεωρήσεων της εταιρείας και τουλάχιστον μία φορά τον χρόνο.

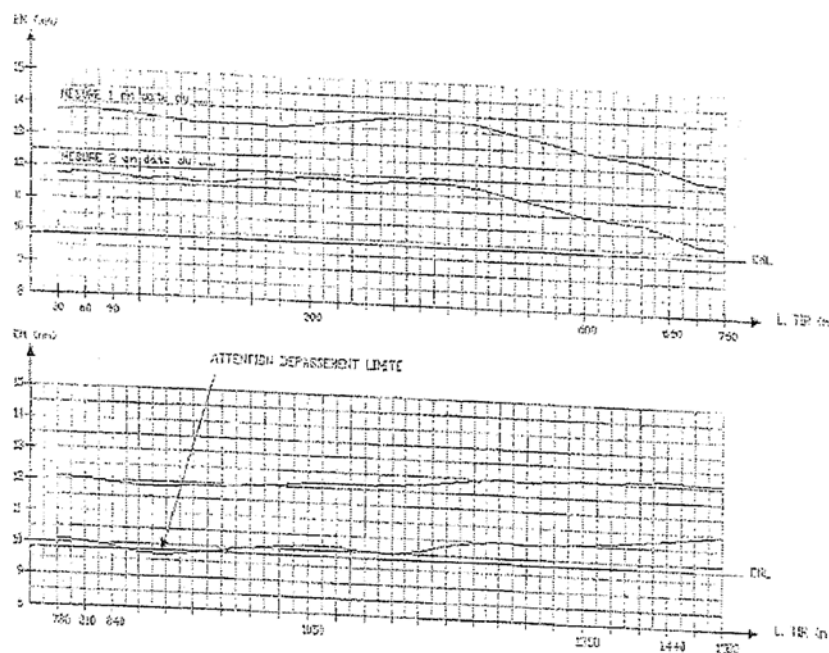
Η μέτρηση του μέσου πάχους (ΜΠ) του καλωδίου επαφής πρέπει να διενεργείται για μία ολόκληρη περιοχή. Το αποτέλεσμα συγκρίνεται με την τιμή αναφοράς (ΤΑ) της μέσης τιμής φθοράς σημείου του καλωδίου επαφής. Αυτή, για καλώδιο επαφής 150 mm², είναι 12,2 mm.

Τα σημεία στα οποία συνήθως διενεργούνται μετρήσεις είναι τα άκρα των μονωτήρων, οι περιοχές που απαιτούν ιδιαίτερη ισχύ ρεύματος, οι σταθμοί και τα δημόσια έργα. Η μέτρηση πραγματοποιείται ακριβώς στο σημείο ανάρτησης και στο μέσο του εύρους.

Ο υπολογισμός του μέσου πάχους πραγματοποιείται με τον παρακάτω τύπο:

$$\text{ΜΠ} = \frac{\sum(\text{πάχη στην δεξιά πλευρά αναρτήσεων}) + \sum(\text{πάχη στο μέσο του εύρους})}{\sum(\text{αριθμός σημείων που ελέγχθηκαν})}$$

Οι πληροφορίες καταγράφονται σε ένα γράφημα όπως το παρακάτω.



Εικ. 6-1: Γραφήματα μέτρησης πάχους

Γραφήματα τέτοιου είδους επιτρέπουν την αξιολόγηση της φθοράς του καλωδίου επαφής, τον προσδιορισμό των σημείων που απαιτούν ενίσχυση ή αντικατάσταση. Το γράφημα αντιπροσωπεύει το πλήρες μήκος μία γραμμής από αγκύρωση σε αγκύρωση, καθιστώντας δυνατό τον ακριβή προσδιορισμό της κατάστασης του καλωδίου.

Μόλις γίνει γνωστό το ΜΠ, συγκρίνεται με την ΤΑ. Αν είναι μεγαλύτερο, δεν λαμβάνεται καμία ενέργεια, ενώ αν είναι μικρότερη, πρέπει να διενεργηθεί μία ανάλυση της κατάστασης του καλωδίου, προσδιορίζοντας μεταξύ άλλων την μέση ετήσια φθορά W και την πιθανή διάρκεια ζωής του καλωδίου.

$$W = \frac{\text{πάχος νέου καλωδίου-ΜΠ}}{\text{Ηλικία καλωδίου (έτη) από την ημέρα εγκατάστασης}}$$

$$\text{Υπολειπόμενη ζωή (έτη)} = \frac{\text{ΜΠ-ΟΜΠ (} \rightarrow \text{οριακό μέσο πάχος)}}{W}$$

Γενικά, το καλώδιο πρέπει να αντικαθίσταται όταν το ΜΠ πλησιάζει το ΟΜΠ.

- **Μονωτήρας**

Η διαδικασία περιλαμβάνει έναν λεπτομερή έλεγχο της κατάστασης του μονωτήρα τμήματος, καθώς επίσης και του επιπέδου φθοράς όλων των στοιχείων που απαρτίζουν τον εξοπλισμό. Λαμβάνει χώρα σύμφωνα με τον προγραμματισμό επιθεωρήσεων.

- **Σύνδεση σε μονωμένο καλώδιο**

Εδώ, σκοπός είναι ο έλεγχος και η αντικατάσταση αν αυτό είναι αναγκαίο των τερματικών σιαγώνων σύνδεσης μεταξύ των καλωδίων $\text{Cu } 240 \text{ mm}^2$ του μονωμένου τμήματος και του καλωδίου επαφής, καθώς και των τερματικών συνδέσεων γείωσης με την σιδηροτροχιά και τον απαγωγέα υπερτάσεων.

- **Σύστημα ρύθμισης**

Η συγκεκριμένη διαδικασία έχει δημιουργηθεί προκειμένου να εξεταστεί η διάταξη αγκύρωσης με το συγκρότημα τροχαλιών.

- **Διάταξη αντίβαρου**

Με την ρουτίνα αυτή ελέγχουμε και ρυθμίζουμε το αντίβαρο τάνυσης της γραμμής.

- **Συντήρηση γαλβανισμένων/βαμμένων στοιχείων**

Εδώ στοχεύουμε στην διενέργεια ενός οπτικού ελέγχου των στύλων και των βοηθητικών στοιχείων για την παρουσία οξείδωσης και για την σωστή τους εμφάνιση.

Η βαφή έχει αποκλειστικά ρόλο αισθητικό, ακόμα και αν χρησιμοποιείται σαν μέσο προστασίας έναντι της οξείδωσης. Έτσι, πρέπει να ελέγχεται η βαφή οπτικά, να εκτιμάται η αισθητική της επίδραση, να προσδιορίζονται οι διορθωτικές ενέργειες που πρέπει να γίνουν και να ελέγχονται οπτικά τα σημεία συγκέντρωσης νερού, ειδικά στην βάση των στύλων.

- **Απαγωγέας υπέρτασης**

Εδώ ελέγχεται η καλή λειτουργία της εγκατάστασης προστασίας καθώς και των γειτνιαζόντων στοιχείων. Ο έλεγχος αυτός διενεργείται σύμφωνα με τον προγραμματισμό, καθώς επίσης και μετά από πτώση κεραυνών στην περιοχή.

6.8 Σιδηροτροχιές

Οι σιδηροτροχιές αποτελούν ίσως το πιο νευραλγικό κομμάτι μίας εγκατάστασης τραμ. Αυτό συμβαίνει γιατί είναι ο φορέας της κίνησης των οχημάτων, επομένως είναι ζωτικότητας σημασίας να μπορέσουμε να κρατάμε τις τροχιές σε όσο το δυνατόν άριστη κατάσταση, γιατί διαφορετικά απλά θα διακοπεί κάθε κίνηση στο δίκτυο.

Στόχος λοιπόν της συντήρησης είναι η ασφαλής και ομαλή κίνηση του τροχαίου υλικού. Τα σημεία των αλλαγών αποτελούν τα δυσκολότερα σημεία της τροχιάς και κάθε παράλειψη στη συντήρησή τους έχει αρνητική επιρροή στην λειτουργία του τροχαίου υλικού. Τα σημεία των αλλαγών χαρακτηρίζονται από πολύπλοκες κατασκευές, γι' αυτό και πρέπει να τηρούνται κατάλληλες παράμετροι για την σωστή λειτουργία του τροχαίου υλικού. Η συντήρηση των σημείων αλλαγών του τραμ πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή. Αυτό αφορά κυρίως τα ευαίσθητα σημεία, όπως είναι οι γλώσσες και οι καρδιές.

Οι αιτίες τώρα που μπορούν να οδηγήσουν σε δυσλειτουργίες οφείλονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- **Πέρασμα από σημείο αλλαγής**

Αιτία τραντάγματος μπορεί να είναι η λανθασμένη τοποθέτηση της γλώσσας σε σχέση με τη ράγα και τα distance block, το πολύ στενό διάκενο φλάντζας .

- **Πέρασμα από καρδιά**

Οι καρδιές λειτουργούν κάτω από δυσκολότερες συνθήκες από ότι η τυπική τροχιά και φθείρονται γρήγορα. Αν τώρα δεν τηρούνται οι διαστάσεις ασφαλείας, η καρδιά μπορεί να χτυπήσει στην φλάντζα του τροχού προκαλώντας πλευρικό τράνταγμα. Κακώς τοποθετημένες διπλές καρδιές μπορούν επίσης να προκαλέσουν ισχυρά τραντάγματα κατά το πέρασμα από αυτές.

- **Τροχάιο υλικό**

Το τροχάιο υλικό μπορεί επίσης να είναι υπεύθυνο για μη φυσιολογικό θόρυβο.

Όπως καταλαβαίνουμε λοιπόν, οι αλλαγές φθείρονται με διάφορους τρόπους ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας τους. Πρέπει να γίνεται συχνή συντήρηση ώστε να αποφεύγονται δυσάρεστες συνέπειες στην άνεση των επιβατών.

Γενικά προβλέπονται δύο είδη συντήρησης:

- **Περιοδική συντήρηση**

Περιλαμβάνει την τρέχουσα συντήρηση, που συνίσταται στην οπτική επιθεώρηση, στον καθαρισμό και στην λίπανση, και την επιθεώρηση αλλαγών, που συνίσταται στην μέτρηση της απόστασης μεταξύ των σιδηροτροχιών, μέτρηση ελεύθερου περάσματος μέσω ανοιχτής γλώσσας, εμφάνιση γλωσσών και ραγών και στην εμφάνιση καρδιών.

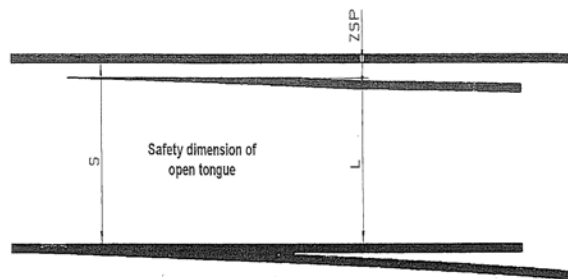
- **Συντήρηση πριν το πέρασμα σε λειτουργία**

Όσον αφορά τώρα τις βασικές παραμέτρους της γλώσσας, πρέπει να εξασφαλίζει ελεύθερη διάβαση της φλάντζας του τροχού ανάμεσα στην σιδηροτροχιά και την ανοιχτή γλώσσα. Μικρή επαφή του τροχού είναι αποδεκτή.

Η ελάχιστη διάσταση του διακένου εξαρτάται από τον μηχανισμό της αλλαγής. Στις αλλαγές του Τραμ της Αθήνας η διάσταση έχει καθοριστεί στα 45 mm, οπότε η ελάχιστη απόσταση έχει καθοριστεί στα 42 mm.

Το διάκενο τώρα του ελεύθερου περάσματος έχει οριστεί στα 30 mm για τις προεκταμένες γλώσσες και 36 mm για τις άλλες γλώσσες.

Η διάσταση ασφάλειας (L) ανοιχτής γλώσσας υπολογίζεται μετρώντας την απόσταση S ανάμεσα στις σιδηροτροχιές και αφαιρώντας το κενό.

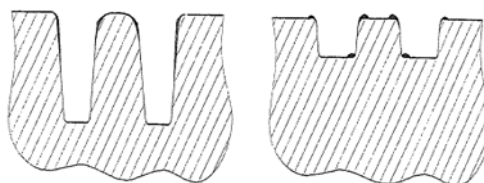


Εικ. 6-2: Υπολογισμός διάστασης ασφάλειας

Λόγω του ότι οι γλώσσες κατασκευάζονται από υλικό τύπου S900 δεν συστήνεται η επισκευή τους με γέμισμα από συγκόλληση ειδικά στην περιοχή του άκρου. Η αντικατάσταση της γλώσσας πρέπει να γίνεται σύμφωνα με την διαδικασία CPL-IT04/004.

Η επισκευή μιας παραμορφωμένης γλώσσας μπορεί να γίνει είτε με τοπική θέρμανση, είτε με την χρήση της πρέσας των συνεργείων.

Όσον αφορά τώρα τις καρδιές, η διερεύνηση της φθοράς τους πρέπει να γίνεται αφού καθαριστούν από ακαθαρσίες και οι υπάρχουσες πτυχές να απομακρυνθούν με λείανση.



Εικ. 6-3: Καινούριες και φθαρμένες καρδιές

Η διάσταση του προστατευτικού της καρδιάς εξαρτάται από την διατομή του τροχού, την απόσταση ανάμεσα στους τροχούς και την γεωμετρία της αλλαγής. Πρέπει να γίνει προσπάθεια να διασφαλιστεί η διάσταση της προστασίας της καρδιάς όπως προβλέπεται στην τεχνική τεκμηρίωση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

7.1 Εισαγωγή

Στα προηγούμενα κεφάλαια αναλύσαμε εκτενώς τα διάφορα συστήματα που απαρτίζουν μία εγκατάσταση τραμ, δηλαδή το όχημα, τους υποσταθμούς έλξης και το Σύστημα Ανάρτησης Αλυσοειδούς. Κάναμε αναφορά στα διάφορα τεχνικά χαρακτηριστικά της κάθε συνιστώσας, και σε διάφορα στοιχεία λειτουργίας.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλύσουμε θέματα που αφορούν την διαδραστική σχέση που διέπει την σύνδεση αυτών των στοιχείων, ενώ θα παρουσιαστεί και μία προσομοίωση της απόδοσης του συστήματος.

7.2 Χωροθέτηση Υ/Σ Έλξης

Το υφιστάμενο δίκτυο του τροchioδρόμου εκτείνεται κατά μήκος της Παραλιακής Γραμμής της Αθήνας μεταξύ Νέου Φαλήρου (ΣΕΦ) και Γλυφάδας, με διασταύρωση από το Παλαιό Φάληρο μέχρι την Πλατεία Συντάγματος συνολικού μήκους 23,2 χλμ. Επιπρόσθετα μια επιπλέον διακλάδωση του τροchioδρόμου μήκους 2,6χλμ χρησιμοποιείται για την πρόσβαση του Τραμ στο Αμαξοστάσιο του Ελληνικού.

Οι συνολικά 15 Υ/Σ Έλξης καλύπτουν και τα 25,2 χλμ του υφιστάμενου τροchioδρόμου και χωροθετούνται κατά μήκος του δικτύου. Η χωροταξική κατανομή τους είναι σχετικά ανομοιόμορφη καθώς η θέση κάθε Υ/Σ καθορίστηκε με βάση την δυνατότητα ανεύρεσης του χώρου, και έκδοσης άδειας κατασκευής του κτιρίου του Υ/Σ εντός του αστικού ιστού των Αθηνών. Η απόσταση μεταξύ διαδοχικών Υ/Σ του τροchioδρόμου του ΤΡΑΜ, κυμαίνεται από 1,3χλμ έως 2,3χλμ και έχει καθοριστεί από την εμπειρία σε παρόμοια συστήματα. Οι 14 Υ/Σ Έλξης χρησιμοποιούνται για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στα οχήματα Τραμ κατά μήκος του δικτύου ενώ ένας Υ/Σ καλύπτει το Αμαξοστάσιο του Ελληνικού και την γραμμή πρόσβασης σε αυτό. Τα υπόλοιπα φορτία των εγκαταστάσεων στο Αμαξοστάσιο του Τραμ καλύπτονται από έναν ξεχωριστό Υ/Σ

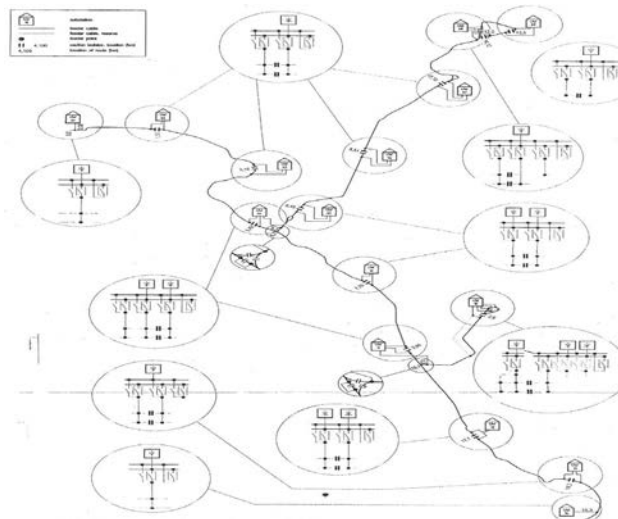
φωτισμού και γενικών φορτίων.

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει την συνολική εγκατεστημένη (φαινόμενη) ισχύ για την εξυπηρέτηση του δικτύου του τροχιοδρόμου. Ο τρόπος υπολογισμού της απαιτούμενης ισχύος επεξηγείται σε επόμενη ενότητα.

ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ
ΤΡΟΧΙΟΔΡΟΜΟΥ ΤΡΑΜ

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	ΣΥΝΟΛΟ
Υ/Σ Έλξης ΜΤ 20/0.635 KV AC / 0,75 KV DC (με 2 Μ/Σ Ανορθωτή 1,25 MVA και 2 Ανορθωτές 1.500 A έκαστος)	5 x 2 x 1,25 MVA = 12,5 MVA
Υ/Σ Έλξης ΜΤ 20/0.635 KV AC / 0,75 KV DC (με 1 Μ/Σ Ανορθωτή 1,25 MVA και 1 Ανορθωτή 1.500 A έκαστος)	7 x 1 x 1,25 MVA = 8,75 MVA
Υ/Σ Έλξης Αμαξοστασίου ΜΤ 20/0.635 KV AC / 0,75 KV DC (με 2 Μ/Σ Ανορθωτή 2,5 MVA έκαστος, 1 Μ/Σ Ανορθωτή 1,25 MVA, 2 Ανορθωτές 3500 A έκαστος και 1 Ανορθωτή	2 x 2,5 MVA + 1 x 1,5 MVA = 6,25 MVA
ΙΣΧΥΣ ΓΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΧΡΗΣΗ	27,5 MVA
1 Υ/Σ Γενικών Φορτίων 20/0.400/0.230 KV AC (με 2 Μ/Σ 1,6	2 x 1,6 MVA = 3,2 MVA
ΙΣΧΥΣ ΓΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΧΡΗΣΗ	3,2 MVA
ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ	30,7 MVA

Στο σχήμα 7.1 παρουσιάζεται σε απλοποιημένη μορφή η θέση των Υ/Σ Έλξης ως προς το δίκτυο του τροχιοδρόμου. Παρατηρείται ότι οι Υ/Σ που βρίσκονται εγκατεστημένοι σε ευθείες διαδρομές του τροχιοδρόμου διαθέτουν δύο μικρού μήκους τροφοδότες (feeders), ενώ Υ/Σ που είναι εγκατεστημένοι κοντά σε διασταυρώσεις έχουν τρεις τροφοδότες (feeders). Αυτό οφείλεται στις αυξημένες απαιτήσεις ισχύος στις διασταυρώσεις του δικτύου (λόγω πολλαπλών κατευθύνσεων εναέριας γραμμής) και επιβεβαιώνεται από την προσομοίωση έλξης του τροχιοδρόμου.



Εικ.7-1: Χωροθέτηση Υ/Σ

7.3 Τροφοδότηση εναέριου δικτύου εμπορικής γραμμής

Η ενέργεια από τους Υ/Σ Έλξης του ΣΙΕ τροφοδοτεί το ΣΑΑ μέσω κατάλληλων τροφοδοτικών αγωγών (feeders). Όλοι οι Υ/Σ Έλξης έχουν σχεδιαστεί με ενιαίο και απλό τρόπο και περιλαμβάνουν έναν ή δύο ανορθωτές έλξης και δύο ή τρεις τροφοδότες (feeders) εξόδου με ένα διακόπτη ισχύος για κάθε έναν τροφοδότη (feeder).

Το εναέριο δίκτυο χωρίζεται ηλεκτρικά σε τμήματα μέσω κατάλληλων σημείων τομής (απομονωτών), οι οποίοι συνήθως εντοπίζονται πλησίον των Υ/Σ Έλξης. Σε αμφότερες τις πλευρές των σημείων της τομής, οι τροφοδότες (feeders) ενός Υ/Σ Έλξης συνδέονται στους αγωγούς επαφής και στις δύο γραμμές του Τραμ. Τα καλώδια των τροφοδοτών (feeders) προστατεύονται και από διατάξεις έναντι κεραυνικών υπερτάσεων στα σημεία σύνδεσής τους με την εναέρια γραμμή. Κατάλληλοι γεφυρωτικοί αποζεύκτες (bypass switches, NO) δίνουν την δυνατότητα «παράκαμψης» των σημείων τομής και συνένωσης όμορων τομέων του εναερίου δικτύου. Το όχημα Τραμ είναι ο καταναλωτής φορτίου ενώ ταυτόχρονα «ολοκληρώνει» το ηλεκτρικό κύκλωμα (ΣΙΕ – ΣΑΑ – Φορτίο – Επιστροφή) επιτρέποντας την επιστροφή ρεύματος στους Υ/Σ Έλξης αρχικά μέσω των σιδηροτροχιών. Εν συνεχεία τα καλώδια επιστροφής συνδέονται από τις σιδηροτροχιές των γραμμών απευθείας επάνω στους Υ/Σ και συγκεκριμένα στον αρνητικό πόλο του ανορθωτή.

Η συνδεσμολογία αυτή των Υ/Σ με το εναέριο δίκτυο επιτρέπει σε κάθε τμήμα του ΣΑΑ να τροφοδοτείται από 2 γειτονικούς Υ/Σ Έλξης, ώστε να εξασφαλίζεται η

συνέχεια της λειτουργίας του δικτύου σε περίπτωση εμφάνισης σφάλματος σε κάποιον Υ/Σ. Σε περίπτωση που και ο δεύτερος Υ/Σ παρουσιάσει πρόβλημα τροφοδοσίας, τότε κατόπιν ρύθμισης του φορτίου της κυκλοφορίας μπορεί το συγκεκριμένο τμήμα του δικτύου να τροφοδοτηθεί από τον επόμενο στην σειρά Υ/Σ. Θα πρέπει απαραίτητα να προηγηθεί κατάλληλος χειρισμός των γεφυρωτικών αποζευκτών, ώστε να υπάρξει συνένωση τμημάτων του εναέριου δικτύου και εν συνεχεία το ενιαίο τμήμα να τροφοδοτηθεί από τους παρακείμενους Υ/Σ.

Επίσης, αυτή η συνδεσμολογία επιτρέπει την εξοικονόμηση ενέργειας που είναι δυνατή κατά την διαδικασία πέδης. Για να γίνει κατανοητή αυτή η κατάσταση, θα αναφερθούμε στο μονογραμμικό σχέδιο 1 που επισυνάπτεται.

Όταν λοιπόν ένα τραμ βρίσκεται στην διαδικασία έλξης, ο Μ/Σ έντασης Ο1Τ11 «βλέπει» την συγκεκριμένη φορά του ρεύματος γραμμής που περνάει από αυτόν. Έπειτα, το ρεύμα τροφοδοτείται στους αντιστροφείς Ο1ΑΟ1-Ο1Α12-Ο1Α13. Εκεί, η τάση μετατρέπεται σε AC και χρησιμοποιείται από τους κινητήρες.

Κατά την διάρκεια της πέδησης γίνεται ακριβώς η αντίστροφη διαδικασία. Ενεργοποιείται η μονάδα Ο1Α1Ο (chopper), το οποίο ελέγχει το ποσό της πέδησης, ο Ο1Τ11 βλέπει την αλλαγή φοράς του ρεύματος και «καταλαβαίνει» ότι μπαίνουμε σε διαδικασία φρεναρίσματος. Σε αυτό το σημείο, όπως έχουμε αναφέρει και στο 4^ο Κεφάλαιο, ο κινητήρας εξαναγκάζεται να εργαστεί πια ως γεννήτρια, παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια.

Αν τώρα έχουμε δύο τραμ που κινούνται μέσα στο ίδιο εύρος ζώνης δύο υποσταθμών, αποστέλλεται ένα κατάλληλο σήμα ελέγχου στο σύστημα πέδης των δύο τραμ, το οποίο εφαρμόζεται στον ακροδέκτη RF της μονάδας Ο1Α1Ο (chopper). Έτσι, αν το ένα όχημα φρενάρει, το σήμα RF απενεργοποιεί τον κλάδο του ρεοστάτη πέδης Ο1ΡΟ1, και το ρεύμα επιστρέφεται στο καλώδιο της αλυσοειδούς μέσω του φίλτρου, οπότε λαμβάνεται πια διαθέσιμη ενέργεια στο δίκτυο, η οποία καταναλώνεται από το άλλο τραμ που βρίσκεται σε διαδικασία έλξης.

Αν όμως δεν υπάρχει άλλο τραμ να κινείται στην ίδια ζώνη, τότε απενεργοποιείται ο ακροδέκτης RF, εξαναγκάζοντας το ρεύμα να περάσει μέσα από τον ρεοστάτη πέδης Ο1ΡΟ1, στον οποίο καταναλώνεται η ενέργεια που παράγεται. Ο ρεοστάτης πέδης, όπως φαίνεται και από το διάγραμμα, καταλήγει στην γείωση.

Με αυτόν τον τρόπο, εξοικονομείται μεγάλο ποσό εκμεταλλεύσιμης ενέργειας,

απλώς και μόνο χρησιμοποιώντας τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του εξοπλισμού μας.

7.4 Στάσεις επιβίβασης

Οι στάσεις του τραμ παρουσιάζουν δύο βασικούς τύπους ανάλογα με την θέση των γραμμών και της αποβάθρας. Οι τύποι αυτοί είναι:

- **στάσεις με κεντρικές αποβάθρες (Ν. Σμύρνη, Γλυφάδα-μονογραμμικό επισυναπτόμενο σχέδιο 2) και**
- **στάσεις με πλευρικές αποβάθρες (σε όλη την υπόλοιπη διαδρομή-μονογραμμικό επισυναπτόμενο σχέδιο 3).**

Το τραμ προσφέρει εύκολη πρόσβαση στο επιβατικό κοινό. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της επιφανειακής χωροθέτησης των στάσεων καθώς και της μεγάλης συχνότητας τους.

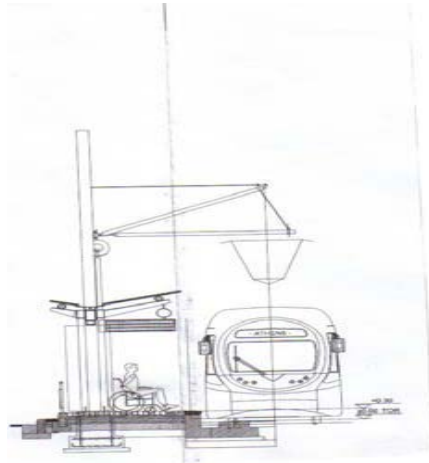
Επιπλέον εξασφαλίζεται η ασφαλής πρόσβαση των επιβατών στις στάσεις με ειδικές ράμπες. Άτομα με προβλήματα όρασης κινούνται μέσω της ειδικής πορείας που έχει προβλεφθεί στις στάσεις. Τέλος υπάρχει σημαντικός αριθμός εγκαταστάσεων όπως κιγκλιδώματα και κράσπεδα οριοθέτησης τα οποία αποτρέπουν τυχόν ατυχήματα του επιβατικού κοινού.

Σε κάθε στάση υπάρχει ο χάρτης των διαδρομών καθώς και ηλεκτρονική οθόνη που ενημερώνει τους επιβάτες για τον ακριβή χρόνο προσέλευσης του συρμού καθώς και για τα δρομολόγια. Όλοι οι σταθμοί είναι εξοπλισμένοι με ένα γυάλινο στέγαστρο .

Το αρνητικό στοιχείο είναι ότι καθώς αυτό το στέγαστρο είναι κατασκευασμένο από γυαλί και δεν καλύπτει όλο τον σταθμό αλλά μέρος αυτού, να μην προσφέρεται επαρκή ηλιακή προστασία καθώς ούτε και προστασία από την βροχή.

Η ΤΡΑΜ ΑΕ εξηγεί το γεγονός με το ότι εφόσον τα στέγαστρα θα υπάρχουν σε αρκετά σημεία στην πόλη να μην ενοχλούν αισθητικά

και οπτικά τους πολίτες.



Εικ. 7-2: Στάση Τραμ

Είναι λογικό ότι λόγω της φύσης του δικτύου, μπορεί για οιοδήποτε λόγο να προκληθεί υπερένταση, λόγω π.χ. βραχυκυκλώματος. Σε αυτήν την περίπτωση, είναι κρίσιμη η αντίδραση της προστασίας του συστήματος, έτσι ώστε να προφυλαχθούν οι άνθρωποι από άσχημες παρενέργειες του ρεύματος. Έτσι, οι επιστροφές των καλωδίων συνδέονται στους οικείους υποσταθμούς μέσω υπερταχέων διακοπών, όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο. Με αυτόν τον τρόπο, αν αναπτυχθούν υπερεντάσεις στην γραμμή, το αντιλαμβάνεται ο διακόπτης και απενεργοποιεί ακαριαία τον υποσταθμό, για όσο διάστημα είναι απαραίτητο να εξαλειφθεί το σφάλμα. Έτσι, υπάρχει ασφάλεια των ανθρώπων τόσο σε όλο το δίκτυο, όσο περισσότερο στις στάσεις, όπου τα ζητήματα ασφάλειας είναι αυξημένα.

Η έκδοση εισιτηρίων μπορεί να γίνει από τους αυτόματους πωλητές που βρίσκονται σε κάθε στάσεις του τραμ και παρουσιάζονται στην σχετική εικόνα. Πρόκειται για ένα μηχάνημα με οθόνη αφής όπου επιλέγεται από τον ενδιαφερόμενο ο τύπος του εισιτηρίου (ολόκληρο ή μειωμένο) και ο αριθμός των εισιτηρίων που επιθυμεί να εκδώσει. Τοποθετεί τα κέρματα αξίας 0,10 , 0,20 , 0,50 ,1 ή 2 euro στην ειδική σχισμή για κέρματα, ή τα χαρτονομίσματα αξίας 5 ή 10 euro στην ειδική σχισμή για χαρτονομίσματα και παραλαμβάνει τα εισιτήρια και τα ρέστα του.

Οι αυτόματοι πωλητές εισιτηρίων αποτελούν μία έξυπνη κίνηση της εταιρίας για ταχύτερη εξυπηρέτηση των επιβατών αφού έτσι αποφεύγονται οι γνωστές ουρές αναμονής. Οι πωλητές διαθέτουν μενού σε αγγλικά και ελληνικά και έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν άνετα και από τουρίστες. Πρόσθετο πλεονέκτημά τους είναι ότι δίνουν στον χρήστη την δυνατότητα να εκδώσει με μία εντολή περισσότερα του ενός εισιτηρίου, ο επιβάτης που χρησιμοποιεί συχνά το μέσο εξοικονομεί χρόνο αφού εκδίδει αμέσως εισιτήρια για περισσότερες μετακινήσεις του και δεν χρειάζεται να επισκέπτεται κάθε φορά τον αυτόματο πωλητή.

Επίσης, πλεονέκτημα των πωλητών αυτών αποτελεί ότι όσο ο χρήστης τοποθετεί χρήματα στην σχισμή, ο πωλητής τον ενημερώνει για το ποσό που υπολείπεται για την έκδοση του/ των εισιτηρίου/ εισιτηρίων, ενώ όταν ο χρήστης τοποθετήσει παραπάνω χρήματα, ο αυτόματος πωλητής τον ενημερώνει για τα ρέστα που θα λάβει.

7.5 Προσομοίωση έλξης

Στα πλαίσια της λεπτομερούς διαστασιολόγησης των Υ/Σ Έλξεως έγινε χρήση ενός περιβάλλοντος προσομοίωσης σε υπολογιστή με χρήση εξειδικευμένου λογισμικού, και συγκεκριμένα του ELBAS-SIANANET.

Το συγκεκριμένο περιβάλλον επιτρέπει εκτός των άλλων την χρήση στοιχείων δρομολόγησης των οχημάτων (ώρες δρομολογίων, συχνότητες, ταυτόχρονη παρουσία οχημάτων στο δίκτυο, κτλ) και βάσει αυτών την προσομοίωση λειτουργίας των Υ/Σ Έλξης. Από την προσομοίωση αυτή προκύπτουν τα εξής:

- **Καθορισμός βέλτιστων και εναλλακτικών σεναρίων τροφοδότησης του ΣΑΑ**
- **Αξιολόγηση υπολογισμένων διαστάσεων εξοπλισμού ΣΙΕ και βελτιστοποίησή τους**

Για την εκτέλεση της προσομοίωσης χρησιμοποιήθηκαν τα εξής στοιχεία, όπως μελετήθηκαν κατά την Γενική Οριστική Μελέτη:

- Τα στοιχεία χάραξης της γραμμής του τροχιοδρόμου, τοποθεσίες στάσεων, διασταυρώσεις, ακτίνες καμπυλότητας, κλίσεις, τμήματα μονού και διπλού συρμού, τμήματα μέγιστης ταχύτητας και χαμηλής ταχύτητας.

Κατά την προσομοίωση το δίκτυο χωρίστηκε στα παρακάτω τμήματα:

Διαδρομή Τραμ	Περιοχές Διαδρομής (από – έως)	Μήκος διαδρομής
S1 / S3	Ν. Φάληρο – Π. Φάληρο – Γλυφάδα	0,000 – 15,413
S2K	Π. Φάληρο – Παναγίτσα	5,700 – 6,420
S2	Παναγίτσα – Φίξ	6,420 – 12,420
S25	Φίξ – Ζάππειο – Βουλιαγμένης	12,420 – 14,130
S8	Διακλάδωση από S3 – στο Αμαξοστάσιο	0.00 – 2,6

- Τα χαρακτηριστικά του καλωδίου επαφής, τα οποία παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. Εκτός αυτών ελήφθησαν υπ' όψιν χαρακτηριστικά όπως ηλεκτρική αντίσταση, δυνάμεις τάνυσης, επιτρεπόμενος κλονισμός, αποστάσεις διασύνδεσης μεταξύ αγωγού επαφής και καλωδίων συγκράτησης.

Διαδρομή Τραμ	Μήκος διαδρομών (Km)	Διαστάσεις αγωγών επαφής και συγκράτησης
S1 / S3	0,000 – 15,413	Ένας αγωγός επαφής Cu – Ag 120mm ² & 2 αγωγοί συγκράτησης έκαστος 120mm ² Cu.
S2K	5,700 – 6,420	Ένας αγωγός επαφής Cu – Ag 120mm ² & 1 τροφοδοτικό καλώδιο 120mm ² Cu.
S2	6,420 – 12,420	Ένας αγωγός επαφής Cu – Ag 120mm ² & 1 αγωγός συγκράτησης 120mm ² Cu.
S25	12,420 – 14,130	Ένας αγωγός επαφής Cu – Ag 120mm ² & 1 τροφοδοτικό καλώδιο 120 mm ² Cu.
S8	0,0 – 2,6	Ένας αγωγός επαφής Cu – Ag 120mm ² & 1 αγωγός συγκράτησης 120mm ² Cu.

- Τα χαρακτηριστικά του εξοπλισμού ΣΙΕ και ιδιαίτερα τα επιτρεπόμενα φορτία των ανορθωτών σύμφωνα με το πρότυπο IEC 146, class VI, η διαφορά δυναμικού μεταξύ τροχιάς-γης (≤ 120 V) και οι ελάχιστες τιμές ρεύματος σε περιπτώσεις απομακρυσμένου βραχυκυκλώματος.

- Τα χαρακτηριστικά εμπορικής λειτουργίας και συγκεκριμένα:
 - 8,5 λεπτά προπορεία, διπλό όχημα, μεταξύ Ν. Φαλήρου και Γλυφάδας και για τις δύο κατευθύνσεις
 - 8,5 λεπτά προπορεία, διπλό όχημα, μεταξύ Ζαπείου και Εβρυάλης και για τις δύο κατευθύνσεις
 - 8,5 λεπτά προπορεία, διπλό όχημα, εισερχόμενη και εξερχόμενη κυκλοφορία μεταξύ διασταύρωσης S3 και αμαξοστασίου
 - χρόνοι αναμονής: μ.ο. 20 δευτερόλεπτα, διασπορά 5 δευτερόλεπτα, ελάχιστο 15 δευτερόλεπτα
 - καθυστέρηση αναχώρησης στις γραμμές: μ.ο. 20 δευτερόλεπτα, στάση 15
 - ρυθμός χρησιμοποίησης οχήματος: 100%
 - ελάχιστη απόσταση μεταξύ οχημάτων: 100 μέτρα
 - δεν υπάρχει κύλιση του οχήματος σε οποιαδήποτε σημείο πριν την πλήρη ακινητοποίηση του οχήματος στις στάσεις (coasting)
- Όλα τα τεχνικά χαρακτηριστικά των οχημάτων ΤΡΑΜ (βάρος, δύναμη πέδησης, παραγόμενο ρεύμα κατά την πέδηση, ισχύς)
- Ο τύπος της σιδηροτροχιάς (S49), ο συντελεστής πρόσφυσης τροχού / σιδηροτροχιάς, η επιτρεπόμενη τιμή αγωγιμότητας μεταξύ σιδηροτροχιών και γης (σύμφωνα με το EN 50122-2) και οι αποστάσεις διασυνδέσεων μεταξύ σιδηροτροχιών της ίδιας τροchioδρομικής γραμμής και μεταξύ των δύο τροchioδρομικών γραμμών.
- Οι τιμές κλιματικών συνθηκών και ιδιαίτερα αυτές, που επηρεάζουν αισθητά την θερμοκρασία της γραμμής επαφής, όπως:
 - Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας γραμμής επαφής

$$36 \text{ W/K/m}^2 \text{ (επιτάχυνση ανέμου } 1 \text{ m/s}^2\text{)}$$
 - Παροχή θερμότητας λόγω ηλιακής ακτινοβολίας 12,75 W/m

- **Τα χαρακτηριστικά των Υ/Σ και του ΣΑΑ** (θέση, πλήθος Υ/Σ και τροφοδοτών – feeders, επιτρεπόμενα όρια διακύμανσης τάσης, σημεία μονωτήρων)

Τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιήθηκαν ώστε να καλύψουν τα εξής 2 σενάρια λειτουργίας:

- **Κανονική λειτουργία ΣΙΕ (όλοι οι Υ/Σ λειτουργούν)**
- **Μερική λειτουργία ΣΙΕ (υπάρχει αστοχία ενός Υ/Σ ανά διαδρομή του δικτύου)**

Εκτός των διαστάσεων της εναέριας γραμμής επαφής, που περιγράφονται στην Γενική Οριστική Μελέτη (βασική ομάδα) εξετάσθηκε μια επιπρόσθετη ομάδα αγωγών επαφής διαφορετικών διαστάσεων, όπως φαίνεται στον πίνακα VI (εναλλακτική ομάδα). Ο λόγος σχετίζεται με τα επιτρεπόμενα όρια θερμοκρασίας της γραμμής επαφής. Πιο συγκεκριμένα εξετάστηκε η περίπτωση εμπλουτισμού του εναερίου δικτύου με αγωγούς μεγαλύτερων διαστάσεων επειδή τα χαρακτηριστικά λειτουργίας (διπλό όχημα, μέγιστο ρεύμα γραμμής 950 A) σε συνδυασμό με τις κλιματικές τιμές δημιουργούν ευνοϊκές συνθήκες, ώστε η επιτρεπόμενη θερμοκρασία της γραμμής επαφής να τίθεται εκτός ορίων σε αρκετές περιπτώσεις λειτουργίας. Οι μέγιστες θερμοκρασίες της εναέριας γραμμής εμφανίζονται στα σημεία διασύνδεσής της με τα καλώδια τροφοδότησης από τους Υ/Σ Έλξης (feeders). Συνεπώς μεγάλες αποκλίσεις από τα όρια επιτρεπομένων θερμοκρασιών για τον αγωγό επαφής είναι πιθανό να οδηγήσουν σε αύξηση των διαστάσεων των καλωδίων τροφοδότησής του συγκεκριμένου τμήματος και αυτό επιτυγχάνεται με την εγκατάσταση παραλλήλων υπογείων καλωδίων στα τμήματα, που παρουσιάζεται ανάγκη αύξησης της συνολικής διατομής του αγωγού.

Συνολικά διενεργήθηκαν 2 ομάδες υπολογισμών με βάση τις διαστάσεις των αγωγών της γραμμής επαφής εξετάζοντας 2 σενάρια κάθε φορά (κανονική και μερική λειτουργία).

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

Διαδρομή Τραμ	Μήκος διαδρομών (Km)	Διαστάσεις αγωγών επαφής και συγκράτησης
S1 / S3	0,000 – 15,413	Ένας αγωγός επαφής Cu – Ag 120mm ² , 2 αγωγοί συγκράτησης έκαστος 120mm ² Cu & 1 τροφοδοτικό καλώδιο 400 mm ² Cu.
S2K	5,700 – 6,420	Ένας αγωγός επαφής Cu – Ag 120mm ² & 1 τροφοδοτικό καλώδιο 400 mm ² Cu.
S2	6,420 – 12,420	Ένας αγωγός επαφής Cu – Ag 120mm ² & 2 αγωγοί συγκράτησης Έκαστος 120mm ² Cu.
S25	12,420 – 14,130	Ένας αγωγός επαφής Cu – Ag 120mm ² & 1 τροφοδοτικό καλώδιο 400mm ² Cu.
S8	0,0 – 2,6	Ένας αγωγός επαφής Cu – Ag, 120mm ² & 2 αγωγοί συγκράτησης Έκαστος 120mm ² Cu.

Με την εφαρμογή της προσομοίωσης ισχύος προσδιορίστηκαν τα κάτωθι βασικά μεγέθη και η λειτουργική συμπεριφορά του ΣΙΕ.

- **Η απαραίτητη Ηλεκτρική Ισχύς κατά μήκος του τροchioδρόμου για την κίνηση των οχημάτων ΤΡΑΜ σε κάθε διαδρομή.**
Αυτή καθορίζει την ισχύ κάθε Υ/Σ Έλξης (ο υπολογισμός γίνεται στην θέση που βρίσκεται κάθε Υ/Σ και στο σημείο που τροφοδοτεί το ΣΑΑ κατά μήκος του τροchioδρόμου).
- **Η σταθερότητα της τάσης επαφής σε διαφορετικά σενάρια λειτουργίας Υ/Σ Έλξης**
- **Οι μέγιστες θερμοκρασίες, που αναπτύσσονται κατά την διέλευση οχήματος με δεδομένες διαστάσεις αγωγών επαφής**
- **Υπολογισμός των ελαχίστων τιμών ρευμάτων απομακρυσμένων βραχυκυκλωμάτων και τάσης τροχιάς –εδάφους.**

ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΙΣΧΕΙΣ-ΡΕΥΜΑΤΑ

No. Υ/Σ	Κανονική Λειτουργία		Μερική Λειτουργία (αστοχία γειτνιάζοντος Υ/Σ)	
	I_{MAX} in A	P_{MAX} in kW	I_{MAX} in A	P_{MAX} in kW
TPS 01	2.491	2.050	3.160	2.567
TPS 02	2.459	2.024	3.581	2.888
TPS 03	2.798	2.288	3.433	2.776
TPS 04	3.719	2.991	5.174	4.048
TPS 05	2.684	2.200	3.857	3.094
TPS 06	2.932	2.392	3.049	2.757
TPS 07	2.724	2.232	3.444	2.784
TPS 08	2.466	2.030	3.520	2.841
TPS 09	2.562	2.105	3.034	2.471
TPS 10	4.296	3.418	6.452	4.924
TPS 11	4.127	3.294	5.821	4.498
TPS 12	3.954	3.166	5.610	4.352
TPS 13	2.619	2.150	3.806	3.056
TPS 14	2.631	2.159	3.440	2.781
TPS 15	2.794	2.169	1.900	1.526

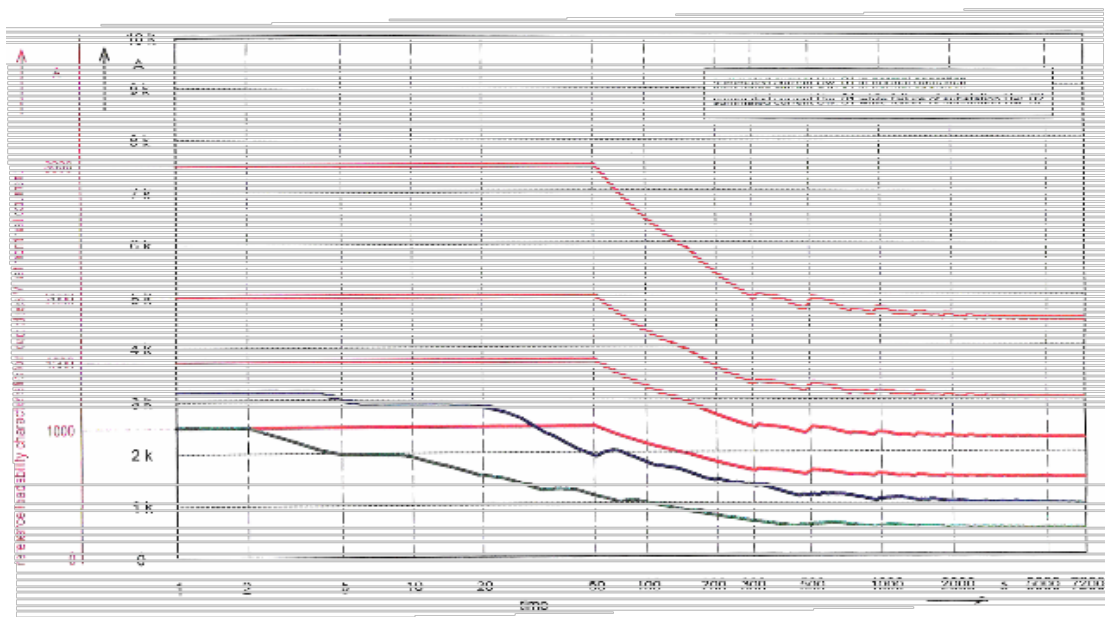
Με βάση τις μέγιστες τιμές ρεύματος για κάθε Υ/Σ που φαίνονται στον πίνακα και την μεταβολή της τιμής του ρεύματος κατά την εκτέλεση της προσομοίωσης σχεδιάζεται η χρονική περιοδική καμπύλη φορτίου κάθε Υ/Σ. Στο σχήμα 7-3 παρουσιάζεται μια τέτοια καμπύλη για τον Υ/Σ Έλξης 1 (μπλε χρώμα). Η καμπύλη αυτή συγκρίνεται με τις αντίστοιχες καμπύλες αναφοράς ικανότητας φορτίου κατηγορίας VI του προτύπου IEC 60146, ώστε να προσδιοριστεί η ονομαστική ισχύς του ανορθωτή κάθε Υ/Σ.

Για τον Υ/Σ No.1 π.χ. φαίνεται από την χρονική περιοδική καμπύλη φορτίου (μπλε καμπύλη στο σχήμα 7-3) και από τον αντίστοιχο πίνακα ότι η μέγιστη τιμή ρεύματος, που ζητείται από τον Υ/Σ είναι 3,16 kA (η τιμή αυτή εμφανίζεται όταν ο γειτονικός Υ/Σ No. 2 έχει τεθεί ΕΚΤΟΣ λειτουργίας). Για να επιλεγεί η σωστή διάσταση του ανορθωτή, θα πρέπει να επιλεγεί η πλησιέστερη καμπύλη αναφοράς, η οποία θα εμφανίζει μεγαλύτερες τιμές και δεν θα τέμνεται καθ' όλο το μήκος της με την χρονική περιοδική καμπύλη φορτίου. Από το σχήμα 7-3 διαπιστώνεται ότι η πλησιέστερη καμπύλη αναφοράς, που πληρεί τα παραπάνω κριτήρια, είναι του ανορθωτή με ονομαστική ένταση 1500A. Έτσι επιλέγουμε ανορθωτή 1500A και κατ' επέκταση Μ/Σ ανορθωτή ονομαστικής ισχύος ίσης με του ανορθωτή με μια προσαύξηση περίπου 10%.

Οι χαρακτηριστικές καμπύλες αναφοράς ικανότητας φορτίου κατηγορίας VI, στο

ονομαστικό ρεύμα, είναι σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60146 και είναι σχεδιασμένες για φορτία ανορθωτών έλξης. Έχουν συμπεριληφθεί στο πρόγραμμα προσομοίωσης και φαίνονται χαραγμένες με κόκκινο χρώμα για ορισμένα τυποποιημένα ονομαστικά μεγέθη ρεύματος λειτουργίας ανορθωτών έλξης. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές εξοπλισμού των Υ/Σ έλξης οι ανορθωτές έλξης και οι Μ/Σ των ανορθωτών έλξης είναι κατασκευασμένοι να αντέχουν σε λειτουργία με υπερφόρτιση 300% για 2 λεπτά και 150% για 2 ώρες. Οι αναφερόμενες χαρακτηριστικές καμπύλες στο σχήμα 7-3 είναι χαραγμένες ώστε να καλύπτουν τα φορτία υπερφόρτισης που απαιτούνται στους Υ/Σ έλξης.

Εξετάζοντας τις χρονικές περιοδικές καμπύλες φορτίου, που προέκυψαν από την μελέτη προσομοίωσης για όλους τους Υ/Σ Έλξης του ΣΙΕ, επιλέγουμε το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας των ανορθωτών για όλους τους Υ/Σ όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί.



Εικ.7.3-Χρονική Καμπύλη Φορτίου Υ/Σ 1

ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ ΙΣΧΥΟΣ Υ/Σ ΕΛΞΗΣ ΟΠΩΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΚΑΝ ΥΠΟ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ

Υ/Σ	Τοποθεσία		ΓΡΑΜΜΕΣ ΤΟΥ ΤΡΑΜ		
			Ονομαστική τιμή ρεύματος ανορθωτή σύμφωνα με το IEC 60146, κατηγορία φορτίου VI σε A		
	Διαδρομή	km	Κανονική Λειτουργία	Μερική Λειτουργία (Αστοχία γειτνιάζοντος Υ/Σ)	Επιλογή
TPS 01	S1	0,080	1.000	1.500	1.500
TPS 02	S1	1,100	1.000	1.500	1.500
TPS 03	S1	3,100	1.500	1.500	1.500
TPS 04	S1 / S2_K	5,400	1.500	2.000	2 x 1.000
TPS 05	S1 / S2_K	6,450	1.500	2.000	2 x 1.000
TPS 06	S2	8,510	1.500	1.500	1.500
TPS 07	S2	10,700	1.500	1.500	1.500
TPS 08	S2_S	12,500	1.000	1.500	1.500
TPS 09	S2_S	13,500	1.000	1.500	1.500
TPS 10	S3	7,700	2.000	3.000	2 x 1.500
TPS 11	S3 / S8	9,900	2.000	3.000	2 x 1.500
TPS 12	S3	12,100	2.000	3.000	2 x 1.500
TPS 13	S3	14,300	1.500	1.500	1.500
TPS 14	S3	15,300	1.000	1.500	1.500
TPS 15-1 TPS 15-2	S3/8 Depot	2,600	1.500	1.500	1.500 2 x 3.150

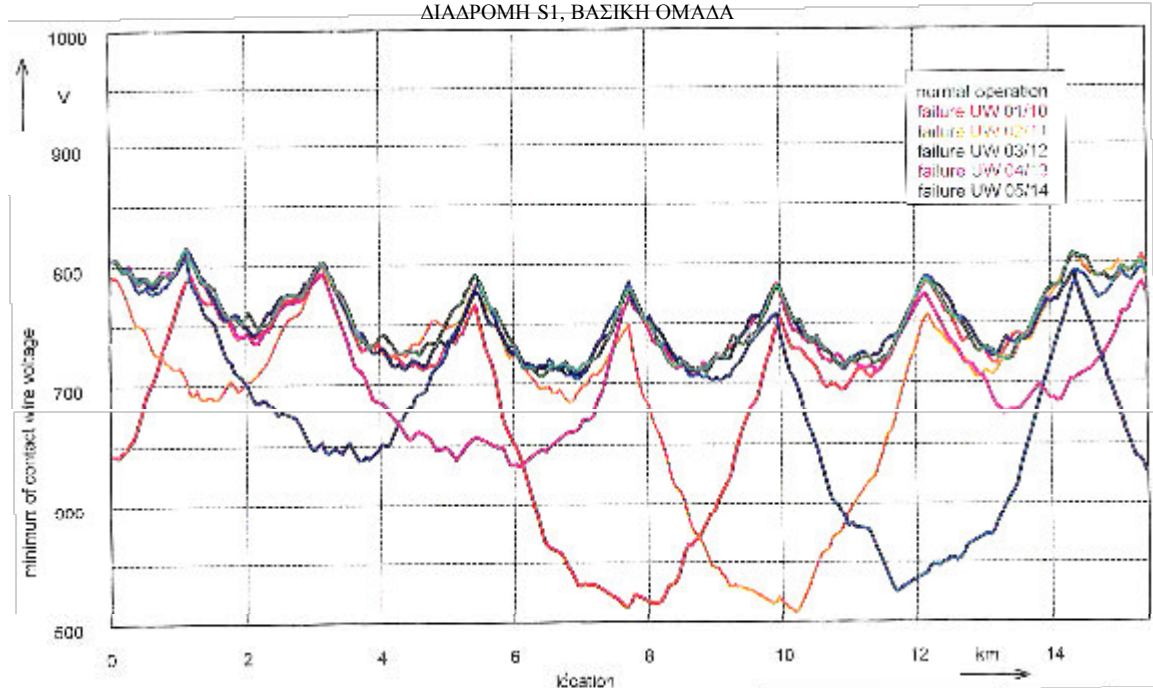
Για τις υπόλοιπες προσομοιώσεις που έγιναν, τα αποτελέσματα είναι τα εξής:

ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗΤΑΣΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΕΠΑΦΗΣ

*Ελάχιστη επιτρεπτή τιμή τάσης γραμμής επαφής: 500 V σύμφωνα με EN 50163

Διαδρομή Τραμ	S1 / S3		S2_K		S2		S	
	U _{FL,MIN} σε V (βασική / εναλλακτική ομάδα ενασφάλου)	Μη λειτουργιών Υ/Σ	U _{FL,MIN} σε V (βασική / εναλλακτική ομάδα ενασφάλου)	Μη λειτουργιών Υ/Σ	U _{FL,MIN} σε V (βασική / εναλλακτική ή ομάδα ενασφάλου)	Μη λειτουργιών Υ/Σ	U _{FL,MIN} σε V (βασική / εναλλακτική ομάδα ενασφάλου)	Μη λειτουργιών Υ/Σ
Κανονική Λειτουργία	706 / 731		761 / 771		702 / 733		778 / 782	
Μερική Λειτουργία (αστοχία γειτνιάζοντος Υ/Σ)	511 / 596	1,10	692 / 725	4	622 / 665	5	667 / 706	8
	507 / 616	2,11	645 / 693	5	570 / 635	6	622 / 697	9
	525 / 620	3,12	738 / 749	10	580 / 658	7		
	631 / 687	4,13			667 / 720	8		
	627 / 718	5,14						

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΑΣΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΕΠΑΦΗΣ:
ΔΙΑΔΡΟΜΗ S1, ΒΑΣΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

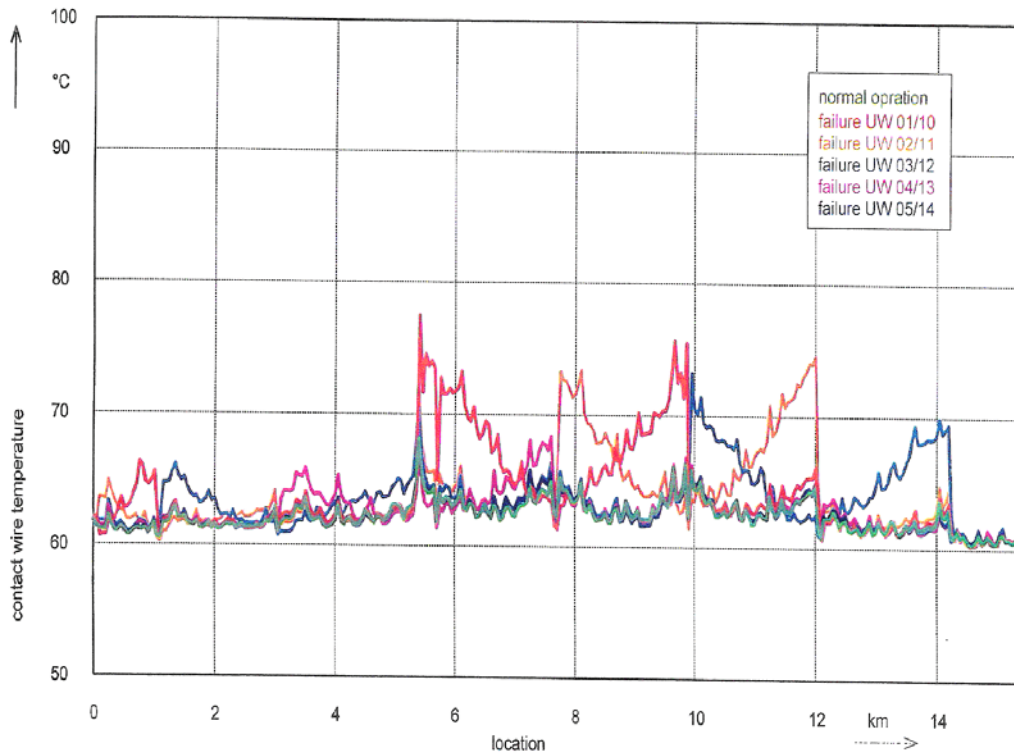


Εικ.7.4-Διάγραμμα μεταβολής τάσης γραμμής επαφής: Διαδρομή S1, Βασική Ομάδα

ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΕΠΑΦΗΣ

*Μέγιστη επιτρεπτή επιθ. θερμοκρασία γραμμής επαφής: °C για ανοξείδωτο Cu, 100°C για ανοξείδωτο Cu-Al σύμφωνα με EN

Διαδρομή Τραμ	S1 /		S2_		S		S2_	
	T _{FL,MAX} σε °C (βασική / εναλλακτική ή	Μη λειτουργώ ν Υ/Σ	T _{FL,MAX} σε °C (βασική / εναλλακτική ή	Μη λειτουργώ ν Υ/Σ	T _{FL,MAX} σε °C (βασική / εναλλακτική ή	Μη λειτουργώ ν Υ/Σ	T _{FL,MAX} σε °C (βασική / εναλλακτική ή	Μη λειτουργώ ν Υ/Σ
Κανονική Λειτουργία	77 / 68		93 / 74		75 / 67		88 / 75	
Μερική Λειτουργία (αστοχία γειτνιάζοντος Υ/Σ)	120 / 78	1,10	174 / 83	4	83 / 71	5	110 / 76	8
	117 / 76	2,11	157 / 79	5	99 / 76	6	164 / 77	9
	105 / 73	3,12	114 / 77	10	91 / 73	7		
	88 / 69	4,13			80 / 68	8		
	78 / 68	5,14						



Εικ.7.5-Διάγραμμα μεταβολής θερμοκρασίας γραμμής επαφής: Διαδρομή S1, Βασική Ομάδα

ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ & ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ ΣΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗΣ ΤΩΝ Υ/Σ ΕΛΞΗΣ: ΒΑΣΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

No. Υ/Σ	Σημείο Τροφοδότησης	Κανονική Λειτουργία		Μερική Λειτουργία (αστοχία γεγιναίζοντος Υ/Σ)	
		$I_{K,MIN}$ σε Α	$I_{B,MAX}$ σε Α	$I_{K,MIN}$ σε Α	$I_{B,MAX}$ σε Α
1	1	>10.000	2.491	>10.000	3.160
2	1	9.700	2.325	>10.000	3.800
	2	7.300	3.056	8.200	3.768
3	1	7.700	3.002	8.100	3.074
	2	6.800	3.162	7.200	3.701
4	1	6.900	3.189	7.400	3.726
	2	6.900	3.530	7.400	5.956
	3	9.700	2.128	>10.000	3.237
5	1	>10.000	2.804	>10.000	4.233
	2	5.200	3.131	5.900	3.761
6	1	5.000	3.176	5.700	3.180
	2	5.100	2.946	5.600	3.579
7	1	4.900	3.063	5.600	3.544
	2	4.600	2.907	6.800	3.094
8	1	6.000	3.050	6.800	3.617
	2	4.400	1.650	5.700	2.672
	3	>10.000	1.161	5.400	2.113
9	1	3.200	1.075	4.800	2.011
	2	9.200	1.634	8.600	2.404
10	1	6.600	3.717	6.900	4.725
	2	7.100	3.718	7.600	5.357
11	1	6.800	3.776	7.583	5.659
	2	6.700	3.250	7.500	5.142
	3	3.600	2.613	3.800	1.900
12	1	6.700	3.667	7.500	5.375
	2	6.800	2.741	7.400	3.157
13	1	7.200	2.914	7.600	4.525
	2	8.700	2.792	>10.000	4.007
14	1	>10.000	2.631	>10.000	3.440

7.6 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Οι Υ/Σ Έλξης βρίσκονται σε συνεχή λειτουργία από την πρώτη στιγμή της ενεργοποίησής τους, με εξαίρεση τα διαστήματα προγραμματισμένης συντήρησής τους. Σε γενικές γραμμές η λειτουργία τους χαρακτηρίζεται από μεγάλη αξιοπιστία και οικονομία, όπως φαίνεται και στον πίνακα:

Υ/Σ ΕΛΞΗΣ ΤΡΑΜ: ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΙΣΧΥΟΣ

No. Υ/Σ	Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς (KVA)	Είδος Φορτίων	Κατανάλωση ενέργειας		Συντελεστής Ισχύος
			Ενεργός (KWH)	Άεργος (KVARH)	
1	1.250	Έλξη / Μονάδα Μ/Σ	398.400	105.600	0,971
2	1.250	Έλξη / Μονάδα Μ/Σ	139.200	40.800	0,964
3	1.250	Έλξη / Μονάδα Μ/Σ	414.000	105.120	0,970
4	2.500	Έλξη / Μονάδα Μ/Σ	564.000	147.000	0,966
5	2.500	Έλξη / Μονάδα Μ/Σ	695.400	182.100	0,971
6	1.250	Έλξη / Μονάδα Μ/Σ	432.000	110.400	0,972
7	1.250	Έλξη / Μονάδα Μ/Σ	465.600	117.600	0,982
9	1.250	Έλξη / Μονάδα Μ/Σ	631.200	156.000	0,980
10	2.500	Έλξη / Μονάδα Μ/Σ	414.000	102.000	0,973
11	2.500	Έλξη / Μονάδα Μ/Σ	513.000	123.000	0,970
12	2500	Έλξη / Μονάδα Μ/Σ	414.000	108.000	0,972
14	1.250	Έλξη / Μονάδα Μ/Σ	516.000	132.000	0,985

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΤΡΑΜ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ

8.1 Εισαγωγή

Η σταδιακή και η συνεχιζόμενη αύξηση των ιδιωτικών αυτοκινήτων, τα συχνά κυκλοφοριακά προβλήματα, τα αυξημένα επίπεδα των καυσαερίων που εκπέμπονται από τα αυτοκίνητα αυτά και η υποβάθμιση των συγκοινωνιών αλλά και του βιοτικού επιπέδου των πολιτών της Αθήνας, ως απόρροια των παραπάνω συνθηκών, οδήγησαν την πολιτεία στην επιτακτική και άμεση εξεύρεση λύσεων στα παραπάνω προβλήματα.

Σύμφωνα με τις μελέτες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, το 60% των εκπομπών του CO, το 25% του CO₂ και πάνω από το 50% των εκπομπών του NO προέρχονται από την οδική κυκλοφορία. Οι επιπτώσεις στον τομέα της υγείας από τις προαναφερθείσες εκπομπές είναι σοβαρές. Επίσης, η όξινη βροχή, η οποία προκαλείται από αυτούς τους ρύπους, καταστρέφει εκτός των άλλων τα κτίρια των πόλεων.

Η τάση λοιπόν που υπάρχει γενικά στον τομέα της κίνησης, ειδικά από την δεκαετία του '70 και μετά, είναι η ανάπτυξη τεχνολογιών φιλικών προς το περιβάλλον, καθώς και η προαγωγή της χρήσης Μέσων Μαζικής Μεταφοράς, και δη φιλικών προς το περιβάλλον. Μία τέτοια πρόταση υπήρξε και το τραμ.

Η επαναφορά του τραμ στην επιβαρυμένη από την ρύπανση και το μπουτιλιάρισμα Αθήνα ήταν ένα πάγιο αίτημα επιστημόνων, οικολογικών οργανώσεων και πολιτών, που συνειδητοποίησαν την αναγκαιότητα της ύπαρξής του, προκειμένου να αποσυμφορηθεί το κέντρο της πόλης και να καλυφθούν ανάγκες περιοχών, των οποίων η πρόσβαση σε αυτές φάνταζε ιδιαίτερα χρονοβόρα με τα ήδη υπάρχοντα μέσα μεταφοράς, κυρίως τα λεωφορεία.

8.2 Ατμοσφαιρική ρύπανση στην Αθήνα

Ενώ στις περισσότερες ευρωπαϊκές πόλεις οι μεταφορές ευθύνονται για το 50% του νέφους, στην Αθήνα οι μεταφορές ευθύνονται για το 80% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Η Αθήνα είναι η πιο επιβαρημένη με ρύπους πόλη στην Ευρώπη, σύμφωνα με μία έκθεση της αρμόδιας επιτροπής της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Τα αυτοκίνητα παλαιάς τεχνολογίας είναι ακόμα πολλά, τα καταλυτικά έχουν αρρυθμιστούς ή παλαιούς καταλύτες, υπάρχει εκτεταμένη νοθεία στα καύσιμα, ενώ η κίνηση αυξάνει με ρυθμούς 3% στο κέντρο και 7% στα προάστια.

Το περιβαλλοντικό κόστος των μεταφορών στην Αθήνα είναι υψηλότερο από παντού. Το μεταφορικό μέσο με το υψηλότερο περιβαλλοντικό κόστος είναι το παλαιού τύπου πετρελαιοκίνητο ταξί, για κάθε χιλιόμετρο του οποίου ο επιβάτης επιβαρύνεται με 0,60 Ευρώ ανά χιλιόμετρο. Ακολουθούν το συμβατικό αυτοκίνητο με 0,15 Ευρώ, το πετρελαιοκίνητο λεωφορείο με 0,06 Ευρώ, το βενζινοκίνητο καταλυτικό αυτοκίνητο με 0,014 Ευρώ, ενώ το τρόλεϊ και το τραμ έχουν σχεδόν μηδενικό κόστος. Το περιβαλλοντικό κόστος εξαρτάται επίσης και από τον τύπο του εκπεμπόμενου ρύπου, που καθορίζεται με την σειρά του από το καύσιμο, το μέσο μεταφοράς και την τεχνολογία του.

8.3 Τραμ, ένα μέσο φιλικό προς το περιβάλλον

Το τραμ ως ηλεκτροκίνητο μέσο δε ρυπαίνει την ατμόσφαιρα σε τοπικό επίπεδο. Βεβαίως, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έχει επίσης επιπτώσεις στο περιβάλλον, αλλά οι επιπτώσεις αυτές σε γενικό ή τοπικό επίπεδο σε σύγκριση με τη χρήση των αυτοκινήτων είναι υποπολλαπλάσιες. Επιπλέον, η ΤΡΑΜ Α.Ε. θέλοντας να εκμεταλλευτεί στο έπακρο τα συγκριτικά πλεονεκτήματα που προσφέρει ο οικολογικός χαρακτήρας του τραμ, ως βασικός εταίρος του ευρωπαϊκού προγράμματος Q-City κατασκεύασε τροχιόδρομο με προδιαγραφές που ελαχιστοποιούν την ηχητική ρύπανση και παρακολουθεί το επίπεδο δονήσεων και θορύβου μέσω σταθμών μέτρησης κατά μήκος του δικτύου, εποπτευόμενη από την Πολυτεχνική Σχολή του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Επίσης, ενθαρρύνει τις μετακινήσεις με ποδήλατο, καθώς αποτελεί το μοναδικό μέσο αστικής συγκοινωνίας, που από την αρχή της λειτουργίας του επιτρέπει τη μεταφορά ποδηλάτων στα οχήματά του, άνευ περιορισμού ημέρας και ώρας.

Αποδεικνύοντας έμπρακτα την ιδιαίτερη σχέση ανάμεσα σε τραμ και ποδήλατο η ΤΡΑΜ Α.Ε. εγκαινίασε το Σεπτέμβριου του 2010 το πιλοτικό πρόγραμμα "Τραμ-Ποδήλατο, Παράλληλες Διαδρομές". Πρόκειται για μία ακόμη "πράσινη" δράση της εταιρείας υπό την καθοδήγηση του Υπουργείου Υποδομών, Μεταφορών & Δικτύων και τη συνεργασία της Μονάδας Βιώσιμης Κινητικότητας του Ε.Μ.Π., με σκοπό να

προτείνει και να προωθεί εναλλακτικές μορφές μετακίνησης των πολιτών. Το πρόγραμμα "Τραμ-Ποδήλατο, Παράλληλες Διαδρομές" εφαρμόστηκε πιλοτικά έως τις 31/10/2010 και μετά τη μεγάλη ανταπόκριση που γνώρισε επαναλειτούργησε διευρυμένο και εμπλουτισμένο την Άνοιξη του 2011, προσφέροντας ποδήλατα από στάσεις του δικτύου τραμ. Η επιτυχία που γνώρισε το πρόγραμμα οδήγησε τη ΣΤΑΣΥ Α.Ε. (τη συγχωνευμένη εταιρεία λειτουργίας των ΗΣΑΠ - ΜΕΤΡΟ - ΤΡΑΜ) να το υλοποιήσει εκ νέου από τον Ιούλιο έως και τα τέλη Σεπτεμβρίου του 2011. Αυτή τη φορά οι δωρεάν βόλτες για τους επιβάτες των ΜΜΜ έχουν ως αφετηρία το Φλοίσβο και το Πολιτιστικό Κέντρο του Δήμου Π. Φαλήρου ενώ καινοτομία αποτελεί η διάθεση σπαστών ποδηλάτων, που εύκολα μπορούν να μεταφερθούν σε όλα τα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς.

8.4 Ανακύκλωση & εξοικονόμηση ενέργειας

Η ΤΡΑΜ Α.Ε. καταβάλλει μεγάλη προσπάθεια ώστε οι δραστηριότητές της να έχουν το δυνατόν μικρότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Για το λόγο αυτό αποτελεί πάγια πολιτική της εταιρίας η ανακύκλωση όλων των υλικών που μπορούν να ανακυκλωθούν αλλά και η επιλογή υλικών, εξοπλισμού και πρακτικών λειτουργίας που συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας. Συγκεκριμένα η ΤΡΑΜ Α.Ε.:

- Ανακυκλώνει υλικά, όπως χαρτί, μπαταρίες, αλουμίνιο, σίδηρο, ξύλο και ξυλοπαλέτες
- Λειτουργεί στο αμαξοστάσιό της εγκατάσταση ανακύκλωσης του χρησιμοποιημένου νερού από το πλύσιμο των οχημάτων, επιτυγχάνοντας έτσι μείωση κατά 70% της κατανάλωσης νερού που απαιτείται για τη συγκεκριμένη λειτουργία
- Σε συνδυασμό πάντα με τα οικονομικά κριτήρια που θέτει στις διαδικασίες προμήθειας αγαθών και στην επιλογή των προμηθευτών της, η ΤΡΑΜ Α.Ε. συνυπολογίζει σταθερά και οικολογικά κριτήρια
- Εφαρμόζει πολιτική προοδευτικής μείωσης της ειδικής κατανάλωσης ενέργειας και διερευνά τη δυνατότητα και την οικονομική ωφέλεια από τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Χρησιμοποιεί οθόνες υπολογιστών και λαμπτήρες χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης, έχει εκδώσει οδηγίες και συμβουλές για τον περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας από το ανθρώπινο

δυναμικό της και έχει προνοήσει για εγκατάσταση καυστήρων θέρμανσης με φυσικό αέριο αντί πετρέλαιο

8.5 Ανάπλαση & αισθητική αναβάθμιση των περιοχών που «φιλοξενούν» το τραμ

Η ΤΡΑΜ Α.Ε. είχε πάντα ως προτεραιότητά της ο οικολογικός χαρακτήρας του τραμ να διέπει και όλες τις υποδομές που υποστηρίζουν τη λειτουργία του. Για το λόγο αυτό η ΤΡΑΜ Α.Ε. προχώρησε σε ανάπλαση και αισθητική αναβάθμιση των περιοχών τις οποίες διασχίζει το δίκτυο του τραμ δίνοντας έμφαση στο πράσινο και στα έργα υποδομής που συντελούν στη βελτίωση του επιπέδου της ζωής μας.

Συγκεκριμένα η εταιρία ,αξιοποιώντας κοινοτικούς πόρους, φύτεψε και συντηρεί σημαντικό αριθμό δέντρων και φυτών κατά μήκος του δικτύου, δημιουργώντας εστίες πρασίνου. Έχει φυτέψει και συντηρεί 2.450 δέντρα, 94.035 θάμνους και 46.687 τ.μ. γρασιδιού κατά μήκος του δικτύου της συμβάλλοντας στη βελτίωση του μικροκλίματος των περιοχών από τις οποίες διέρχεται το τραμ

Επίσης, δημιούργησε πεζόδρομους και δρόμους ήπιας κυκλοφορίας. Τοποθέτησε 80 υπόγειους κάδους απορριμμάτων και ανακύκλωσης κατά μήκος του εμπορικού κέντρου της Γλυφάδας, στο πλαίσιο της πρωτοποριακής για τα ελληνικά δεδομένα ανάπλασης της περιοχής, κατασκεύασε υπερσύγχρονο δίκτυο αγωγών όμβριων υδάτων στη Γλυφάδα, ενώ ανέπλασε εκτενώς την Εσπλανάδα στην παραλιακή ζώνη και πραγματοποίησε την ασφαλτόστρωση δρόμων, την εγκατάσταση φωτισμού και τη δημιουργία παιδικών χαρών.

8.6 Εταιρική ευθύνη

Στα πλαίσια της υπεύθυνης επιχειρηματικότητας η ΤΡΑΜ Α.Ε. καταβάλλει μεγάλη προσπάθεια για την ευαισθητοποίηση του επιβατικού κοινού αλλά και των εργαζομένων της σε περιβαλλοντικά θέματα, με βασικό στόχο την ενεργή συμμετοχή τους σε δράσεις που σκοπό έχουν να προστατεύσουν και να βοηθήσουν το περιβάλλον.

Η ΤΡΑΜ Α.Ε αναπτύσσει συνεργασίες με τοπικούς εκπροσώπους διεθνών οργανώσεων, με στόχο την ενεργό προστασία του περιβάλλοντός μας. Στις οργανώσεις με τις οποίες η ΤΡΑΜ Α.Ε. συνεργάζεται συγκαταλέγονται το Medasset, η Greenpeace, η Mom - Εταιρεία για τη Μελέτη και την Προστασία της Μεσογειακής Φώκιας και το Δίκτυο Μεσόγειος SOS. Την Παγκόσμια Ημέρα Περιβάλλοντος 2008, η ΤΡΑΜ Α.Ε. ένωσε τις φυσικές τις δυνάμεις με τη Γενική Γραμματεία Νέας Γενιάς και με 8 Μη Κυβερνητικές Οργανώσεις (Ελληνική Εταιρεία Περιβάλλοντος και Πολιτισμού, Δίκτυο Μεσόγειος S.O.S, Αρχέλων, Ελληνική Εταιρεία Προστασίας της Φύσης, Ελληνικό Κέντρο Περιθαλψής Άγριων Ζώων, Επιβάτης, Εθνικό Συμβούλιο Νεολαίας, Σώμα Ελλήνων Προσκόπων)

Επίσης, αναλαμβάνονται συχνά πρωτοβουλίες τοπικού χαρακτήρα για την αναβάθμιση του περιβάλλοντος στις περιοχές με τις οποίες γειτνιάζει το δίκτυο του τραμ. Τέτοιες είναι ο καθαρισμός της Ακτής του Αλίμου από τα απορρίμματα την Ημέρα του Περιβάλλοντος και η δεντροφύτευση 250 κωνοφόρων στην περιοχή που γειτνιάζει με το αμαξοστάσιό της στο Ελληνικό. Επίσης ο καθαρισμός της παραλιακής λεωφόρου πλησίον του δικτύου τραμ σε συνεργασία με τον τηλεοπτικό σταθμό ΣΚΑΙ και τους Δήμους Π.Φαλήρου, Καλλιθέας και Μοσχάτου. Για την υλοποίηση αυτών των δράσεων, η εταιρία αναπτύσσει συνεργασίες με τοπικές ομάδες, όπως είναι τα συστήματα προσκόπων και ναυτοπροσκόπων, νηπιαγωγεία της περιοχής, οι Δήμοι, κλπ.

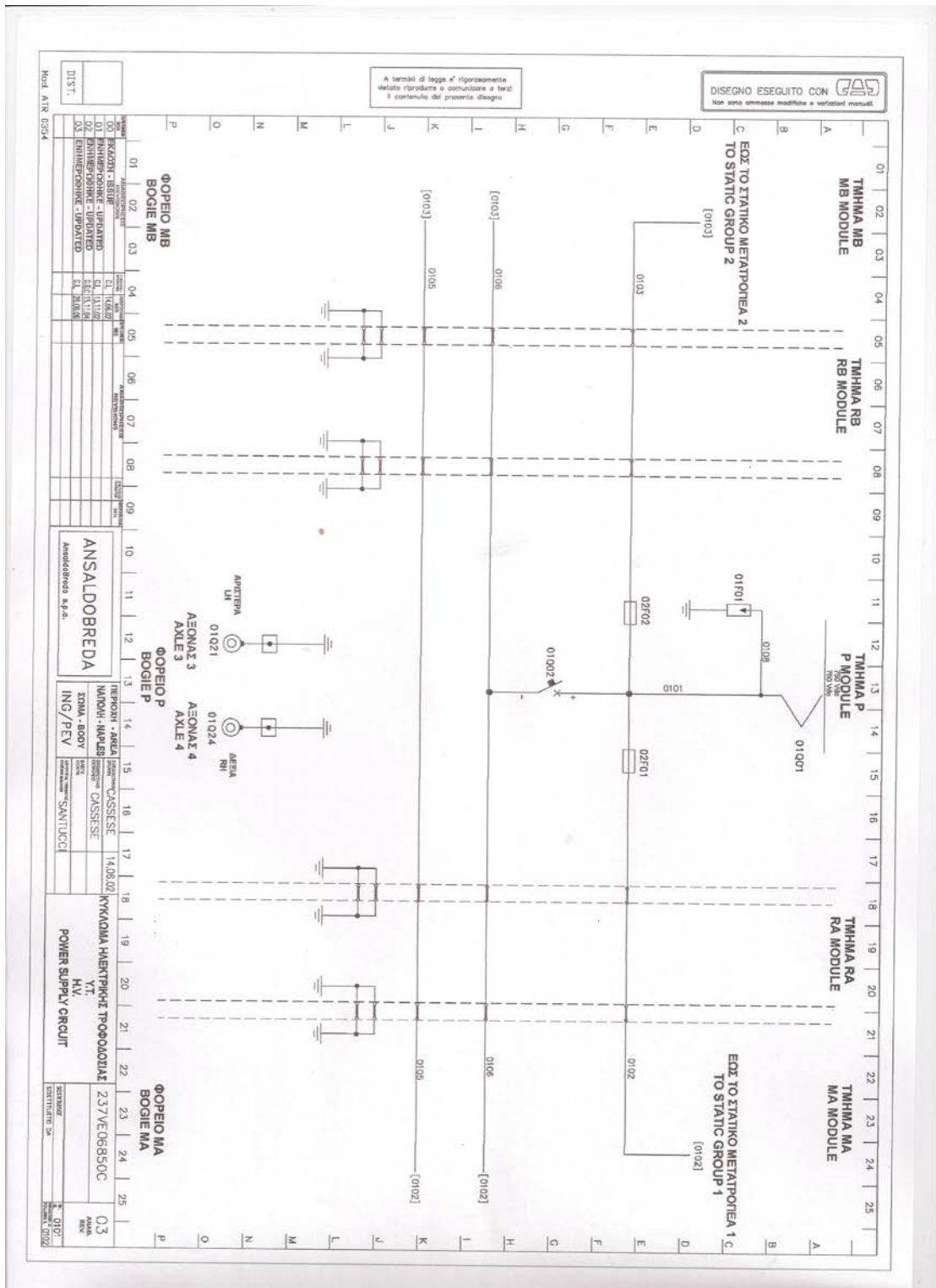
Επιπλέον, υλοποιείται πρόγραμμα εσωτερικής επικοινωνίας που στόχο έχει την παρότρυνση των εργαζομένων της στην εθελοντική περιβαλλοντική δράση, μέσω ειδικών σελίδων στην εταιρική της εφημερίδα, ειδικών σημάνσεων στις εγκαταστάσεις της, κλπ.

Τέλος, η εταιρεία μελετά τη θέσπιση ειδικών κινήτρων με στόχο την ενθάρρυνση της συμμετοχής του ανθρώπινου δυναμικού της σε κάθε περιβαλλοντική δράση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Σοϊλεμέζογλου Γεώργιος, Ματσούκης Ευάγγελος: «Το τραμ της Αθήνας, μαθήματα που μάθαμε»
2. ΑΤΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ: «Μελέτη Ανάπτυξης Μετρό», 1997, Αθήνα
3. ΤΡΑΜ Α.Ε.: «Κατασκευή Έργων Πολιτικού Μηχανικού, Προμήθεια, Εγκατάσταση και Θέση σε Λειτουργία των Ηλεκτρομηχανολογικών Συστημάτων του Σύγχρονου Τροχιόδρομου (ΤΡΑΜ) και Μελέτες Εφαρμογής τους στην Μείζουσα Περιοχή της Αθήνας – Τεχνική Περιγραφή Έργου», 2001
4. Τεχνική περιγραφή: «Sirio Tram Athens: Overhaul Manual-Traction Working», Ιούνιος 2006
5. Επιτροπή εμπειρογνομόνων για το Τραμ: « Σχεδιασμός Ολοκληρωμένου δικτύου Τραμ στο πολεοδομικό συγκρότημα Αθηνών», Μάιος 2003, Αθήνα
6. ΤΡΑΜ Α.Ε.: «Κανονισμός Προμηθειών», 3^η έκδοση, Μάρτιος 2011, Αθήνα
7. AnsaldoBreda: «Technical Description of the Sirio Platform Vehicle».
8. Κεφάλας Γ., Ηλιόπουλος Α. : « Σύστημα Ισχύος Έλξης Τραμ Αθηνών: Υποσταθμοί», Ιανουάριος 2006, Αθήνα
9. www.wikipedia.org/tram_athens
10. www.evonymos.org/tram
11. Tramvageris.blogspot.com

ΜΟΝΟΓΡΑΜΜΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ 2



Ευρετήριο σχημάτων

Εικ. 2-1: Παντογράφος	19
Εικ. 3-1: 12-παλμικός Ανορθωτής	30
Εικ. 4-1 Ελκτική δύναμη σε σχέση με τη ταχύτητα σε κανονική λειτουργία	40
Εικ. 4-2 Ελκτική δύναμη ως προς τη ταχύτητα σε λειτουργία εκτάκτου ανάγκης	41
Εικ. 4-3 Καμπύλη ηλεκτρικής πέδης ως προς την ταχύτητα.....	41
Εικ. 4-4 Ταχύτητα και απόσταση ως προς τον χρόνο σε διαδρομή 500 μέτρων.....	42
Εικ. 4-5 Ταχύτητα και απόσταση ως προς τις καμπύλες του χρόνου επιτάχυνσης έως την ταχύτητα	43
Εικ. 4-6 Διάγραμμα πέδησης υπηρεσίας σε μέγιστο φορτίο AW3 (μηχανή σε εύρος μέγιστης ταχύτητας.....	48
Εικ. 4-7 Διάγραμμα πέδησης υπηρεσίας με μέγιστο φορτίο AW3 (μηχανή σε όλο το εύρος ταχύτητας.....	49
Εικ. 4-8 Παντογράφος.....	54
Εικ. 4-9 Αλεξικέραυνο.....	55
Εικ. 4-10 Ρεοστάτης πέδης.....	57
Εικ. 4-11: LC φίλτρο 1-Πηνίο, 2-Πυκνωτές	59
Εικ. 4-12 Κονσόλα οδήγησης - Μοχλός Πορείας / Πέδησης.....	63
Εικ. 4-13-ΑΙΑΣΕ	67
Εικ. 4-14-ΡΑΑ	68
Εικ. 4-15-ΤΑΑ	70
Εικ. 4-16-ΤΑΑ.....	74
Εικ. 4-17- Αρχιτεκτονική ΤΑΑ.....	75
Εικ. 4-18 Θέση ΑΑΑ	77
Εικ. 4-19- Διάγραμμα ΑΑΑ	78
Εικ. 4-20-Διάταξη εξωτερικού φωτισμού	97

Εικ. 5-1: Μονογραμμικό Π.Μ.Τ.	103
Εικ. 5-2: Εξωτερική διαμόρφωση Π.Μ.Τ.....	103
Εικ. 5-3: Διακόπτης ισχύος κενού.....	104
Εικ. 5-4: Διακόπτης τριών θέσεων.....	105
Εικ. 5-5: Ασφάλειες HV HRC.....	106
Εικ. 5-6: Ζυγοί.....	107
Εικ. 5-7: Σύστημα HR.....	108
Εικ. 5-8: Σύστημα CAPDIS.....	109
Εικ. 5-9: Μ/Σ-Χαμηλή τάση.....	110
Εικ. 5-10: Μ/Σ-Υψηλή τάση.....	110
Εικ. 5-11: Ανορθωτής.....	116
Εικ. 5-12:Ανορθωτής- Σημεία μηδενισμού	116
Εικ. 5-13: Ανορθωτής- Γέφυρα μετατροπής	117
Εικ. 5-14: Ανορθωτής- Έλεγχος και ενισχυτής απομόνωσης	117
Εικ. 5-15: Ανορθωτής- Δίοδοι.....	118
Εικ. 5-16: Μονογραμμικό Μ/Σ-Ανορθωτή.....	118
Εικ. 5-17: Κύρια εξαρτήματα.....	120
Εικ. 5-18: Αρχή λειτουργίας	121
Εικ. 5-19: Βασικό διάγραμμα	122
Εικ. 5-20: Βασικό διάγραμμα	122
Εικ. 5-21: Αγωγός εξάλειψης τόξου.....	123
Εικ. 5-22: Καινούριες επαφές	124
Εικ. 5-23: Φθαρμένες επαφές.....	124
Εικ. 5-24: Μονογραμμικό πίνακα DC	126
Εικ. 5-25: Κάτοψη τυπικού Υ/Σ	128
Εικ. 6-1: Γραφήματα μέτρησης πάχους.....	139
Εικ. 6-2: Υπολογισμός διάστασης ασφάλειας	143
Εικ. 6-3: Καινούριες και φθαρμένες καρδιές.....	143

Εικ. 7-1: Χωροθέτηση Υ/Σ	147
Εικ. 7-2: Στάση Τραμ	150
Εικ. 7-3: Χρονική καμπύλη φορτίου Υ/Σ 1	157
Εικ. 7-4: Διάγραμμα μεταβολής τάσης γραμμής επαφής: Διαδρομή S1, Βασική ομάδα..	159
Εικ. 7-5: Διάγραμμα μεταβολής θερμοκρασίας γραμμής επαφής: Διαδρομή S1, Βασική ομάδα	160