

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αριθμός 1361

**ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΟΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ
ΙΔΙΩΤΙΚΟΥ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ**

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ: ΓΟΝΙΔΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΧΟΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΠΑΤΡΑ ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2014

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η λέξη πετρέλαιο προέρχεται από την ελληνική λέξη πέτρα και την λατινική oleum που σημαίνει «λάδι» και χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Γερμανό ορυκτολόγο Agricola το 1556. Στην παρούσα πτυχιακή εργασία μελετάται το ηλεκτρολογικό κομμάτι μια γραμμή διύλισης πετρελαίου. Υπολογίζονται αναλυτικά οι διατομές των αγωγών τροφοδοσίας καθώς και τα απαραίτητα όργανα προστασίας γραμμών, κινητήρων και ηλεκτρολογικών πινάκων, απαραίτητα για την απρόσκοπτη λειτουργία της μονάδας διύλισης.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη ενός Υποσταθμού. Υπολογίζονται τα μέσα που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση ενός ιδιωτικού Υποσταθμού, ενώ μελετάται και η διαδικασία επιλογής των μέσων εκείνων που είναι απαραίτητα για την ηλεκτροδότηση ενός Βιομηχανικού χώρου, το οποίο περιλαμβάνει διαφόρων ειδών φορτία.

Στο πρώτο μέρος, που είναι η εισαγωγή, παρατίθενται τα απαραίτητα θεωρητικά στοιχεία για την μελέτη και την σχεδίαση ενός Υποσταθμού.

Συγκεκριμένα, αναλύονται τα μέσα ζεύξης - απόζευξης και προστασίας καθώς και ο εξοπλισμός για το δίκτυο. Παρουσιάζονται οι τύποι παροχής των ιδιωτικών Υποσταθμών, τα κατάλληλα είδη γείωσης για προστασία των ατόμων που εργάζονται σε αυτούς ή βρίσκονται κοντά, από επικίνδυνες τάσεις επαφής και βηματικές τάσεις, όπως επίσης και η απαραίτητη προστασία του Υποσταθμού έναντι υπερτάσεων. Επισημαίνεται η αναγκαιότητα της αντιστάθμισης άεργου ισχύος και στην επιβεβλημένη συντήρηση του Υποσταθμού. Τέλος παρουσιάζονται τα απαραίτητα εκείνα στοιχεία για τον υπολογισμό των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων ισχυρών ρευμάτων των βιομηχανικών χώρων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	I
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	II
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ	15
1.1 Το προπάνιο	15
1.2 Η Βενζίνη.....	18
1.3 Η Κηροζίνη	19
1.4 Το Ντίζελ	20
1.5 Το Μαζούτ	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΔΙΥΛΙΣΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	27
2.1. Περιγραφή της λειτουργίας της γραμμής (συνεργαζόμενα μέρη από τον υποσταθμό μέχρι τη γραμμή διύλισης)	27
2.2. Υπολογισμός διατομών και μέσων προστασίας των κινητήρων και των μετασχηματιστών	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΤΑ ΜΕΣΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ	40
ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	40
3.1 Αυτόματοι διακόπτες ισχύος που χρησιμοποιήθηκαν για την προστασία των υποπινάκων	40
3.2 Αυτόματοι διακόπτες προστασίας κινητήρων	42
3.3 Θερμικά ρελαί προστασίας κινητήρων.....	43
3.4 Μικροαυτόματοι προστασίας γραμμών.....	44
3.5 Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του χρησιμοποιούμενου καλωδίου ^[16]	47
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	50

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

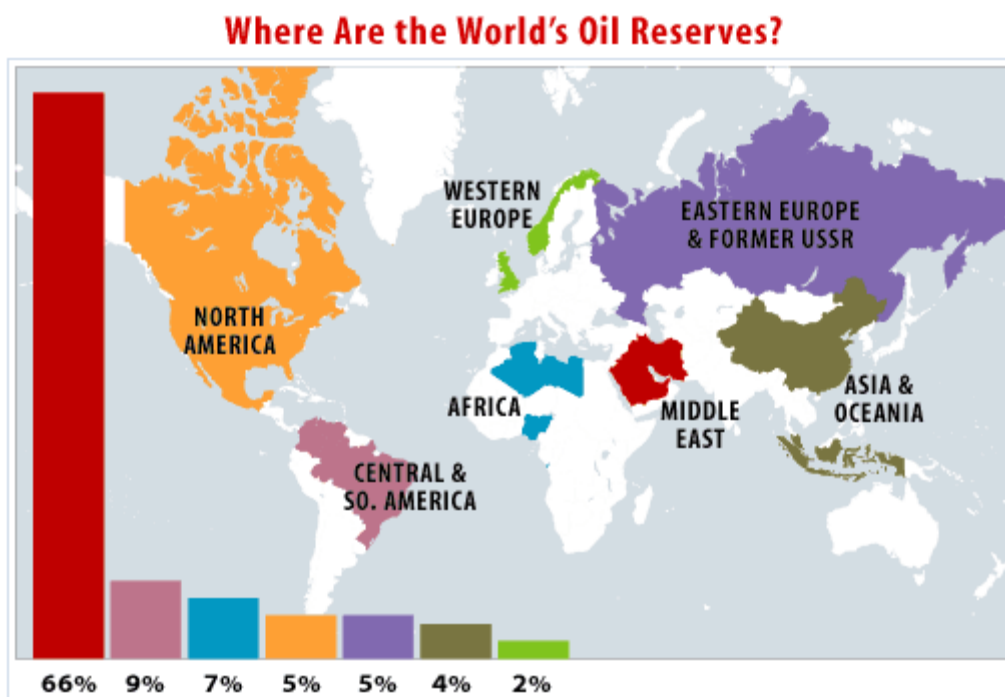
Η λέξη πετρέλαιο προέρχεται από την ελληνική λέξη πέτρα και την λατινική oleum που σημαίνει «λάδι» και χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Γερμανό ορυκτολόγο Agricola, το 1556. Η πρώτη αναφορά χρησιμοποίησης του γίνεται στη Βίβλο, όπου αναφέρεται ότι ο Νώε πραγματοποίησε επάλειψη της Κιβωτού, πριν από τον κατακλυσμό με κάποιο υλικό ασφαλτικής σύστασης. Ο Ηρόδοτος επίσης αναφέρει ότι στη Ζάκυνθο υπήρχε ένα πηγάδι με άσφαλτο. Πριν από 5.000 τουλάχιστον χρόνια, οι Σουμέριοι, οι Ασσύριοι και οι Βαβυλώνιοι χρησιμοποίησαν τις μεγάλες επιφανειακές διαρροές πετρελαίου στο Χιτ του Ευφράτη ποταμού, ενώ χρήση παρόμοιων διαρροών είναι γνωστή σε πολλά μέρη της Μεσοποταμίας και των γειτονικών περιοχών που περιβάλλουν την ανατολική Μεσόγειο. Στην αρχαιότητα η Νεκρά Θάλασσα ήταν γνωστή με την ονομασία Ασφαλίτις Λίμνη, λόγω του ημιστερεού πετρελαίου που έβγαινε στις ακτές της από υποβρύχιες διαρροές. Οι ανασκαφές στα Σούσα του Ιράν και στην Ουρ του Ιράκ αποκάλυψαν ότι οι κάτοικοι ανακάτευαν στερεά παράγωγα του πετρελαίου με άμμο και ινώδη υλικά για την κατασκευή αρδευτικών τάφρων. Είναι γνωστό ότι γινόταν χρήση του πετρελαίου στο καλαφάτισμα των πλοίων, στην κατασκευή δρόμων, στην κατασκευή αδιάβροχης ψάθας και καλαθιών και ως συγκολλητικό στα μωσαϊκά. Επίσης το χρησιμοποιούσαν στην ιατρική σαν καθαρτικό, σαν υγρό εντριβών και σαν απολυμαντικό. Οι αρχαίοι Έλληνες ήξεραν καλά τις πολλές χρήσεις του, αλλά δεν τις μετέδωσαν στους Ρωμαίους κατακτητές. Πολλοί αρχαίοι συγγραφείς έχουν περιγράψει φυσικές εμφανίσεις πετρελαίου και αερίων, ιδιαίτερα στην περιοχή του Μπακού, στο Αζερμπαϊτζάν. Στους πρώτους χριστιανικούς χρόνους, οι Άραβες και οι Πέρσες ενδιαφέρθηκαν για το αργό πετρέλαιο και τη διύλισή του σε φωτιστικό πετρέλαιο. Είναι πιθανόν αυτές οι γνώσεις να μεταφέρθηκαν από τους Άραβες στη δυτική Ευρώπη κατά τον 12ο αιώνα. Επίσης το «υγρό πυρ» των Βυζαντινών είχε κατά πάσα πιθανότητα ως βάση το πετρέλαιο.

Μέχρι τις αρχές του 19ου αιώνα η χρήση του φωτιστικού πετρελαίου στις ΗΠΑ βρισκόταν στο ίδιο επίπεδο που την είχαν αφήσει οι αρχαίοι Έλληνες και οι Ρωμαίοι. Η πρώτη γεώτρηση ειδικά για την αναζήτηση πετρελαίου έγινε από τον Έντγουιν Ντρέικ στην δυτική Πενσυλβάνια τον Αύγουστο του 1859 και σε βάθος 21 μέτρων, έτσι άνοιξε τον δρόμο στη βιομηχανία πετρελαίου. Την ίδια περίπου περίοδο πετρελαϊκά πεδία ανακαλύφθηκαν στην Ευρώπη και την Άπω Ανατολή.

Με την αρχή του 20ου αιώνα η Βιομηχανική Επανάσταση, που χαρακτηρίζεται από την εμφάνιση του αυτοκινήτου, είχε προχωρήσει τόσο πολύ ώστε το επεξεργασμένο πετρέλαιο για φωτιστική χρήση έπαυε να έχει την πρώτη σημασία και η πετρελαϊκή βιομηχανία έγινε η πρώτη πηγή ενέργειας στον κόσμο.

Έτσι ενώ το 1870 η παγκόσμια παραγωγή πετρελαίου ήταν μικρότερη από 1.000.000 τόνους το χρόνο στα χρόνια έφτασε να ξεπερνά τους

3.000.000.000 τόνους. Σήμερα το πετρέλαιο αποτελεί σημαντική πρώτη ύλη στην βιομηχανία των πετροχημικών, αλλά την μεγαλύτερη εφαρμογή βρίσκει στην παραγωγή ενέργειας, από την οποία εξαρτάται το παρόν και το μέλλον της παγκόσμιας οικονομίας^[1]. Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνονται τα παγκόσμια αποθέματα πετρελαίου.



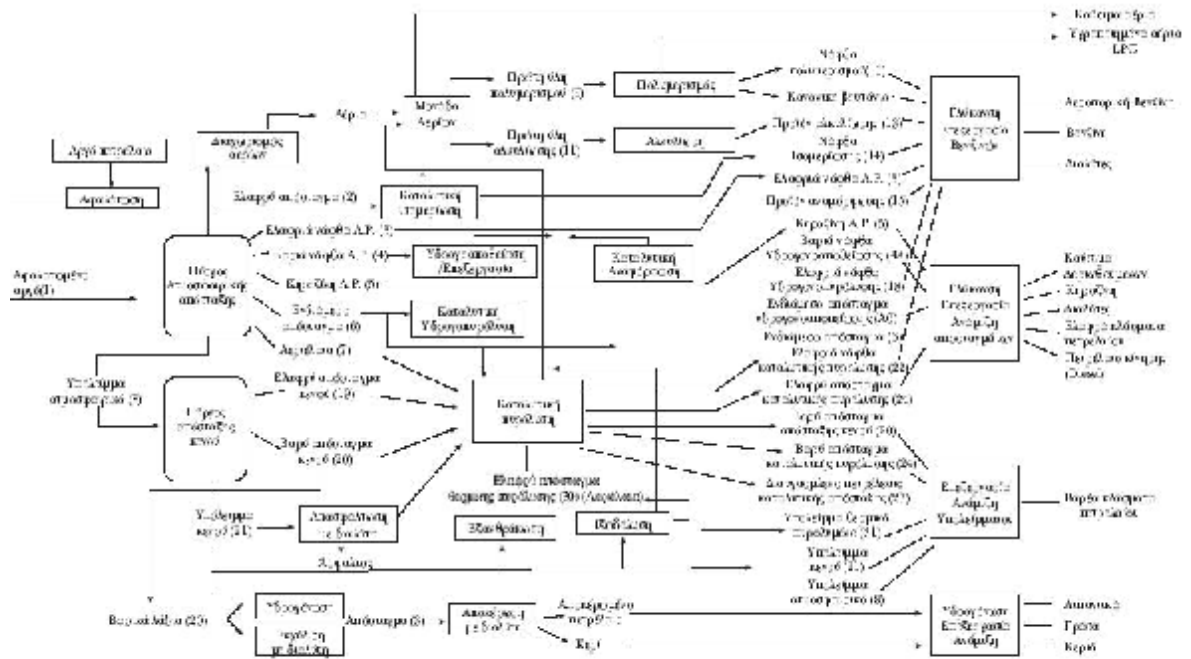
Εικόνα 1: Τα παγκόσμια αποθέματα σε πετρέλαιο^[2]

Διύλιση αργού πετρελαίου

Το αργό πετρέλαιο περιέχει εκτός από τους υδρογονάνθρακες και άλλες ουσίες (θείο, μερκαπτάνες, νερό, οξυγόνο, άζωτο κ.α.) που το καθιστούν πρακτικά άχρηστο σε ακατέργαστη μορφή. Αρχικά το αργό πετρέλαιο υφίσταται ειδική κατεργασία για την απομάκρυνση των προσμειξέων του θείου που περιέχει. Η κατεργασία αυτή ονομάζεται αποθείωση του πετρελαίου. Τα ευρέως γνωστά πετρελαιικά προϊόντα με επακριβώς καθορισμένα χαρακτηριστικά (βενζίνες, κηροζίνη, ντίζελ, μαζούτ, λιπαντικά έλαια) προκύπτουν από την διύλιση του πετρελαίου. Τα τελικά προϊόντα της διύλισης διακρίνονται σε ενεργειακά (βενζίνες, καύσιμα στροβιλοαντιδραστήρων, ντίζελ και μαζούτ οικιακής χρήσης, βαρέα μαζούτ) και σε μη ενεργειακά (άσφαλτοι, λιπαντικά). Συνοπτικά παράγονται κατά φθίνουσα τάξη πτητικότητας τα εξής προϊόντα :

- καύσιμα αέρια
- κλάσμα προπανίου

- κλάσμα βουτανίου
- ελαφριά βενζίνη
- βαριά βενζίνη
- κηροζίνη
- δύο ή περισσότερες ποιότητες ντίζελ
- διάφορα αποστάγματα
- ένα κατάλοιπο της εν κενώ απόσταξης [3]



Εικόνα 2: Διάγραμμα Ροής ενός Σύγχρονου Διυλιστηρίου^[4]

Το παραπάνω αποτέλεσμα επιτυγχάνεται με την εφαρμογή τριών διακεκριμένων διεργασιών: της ατμοσφαιρικής απόσταξης του αργού πετρελαίου, της χημικής μετατροπής και της επεξεργασίας. Οι τρεις αυτές διεργασίες αποτελούν συνήθως μια παραγωγική μονάδα, τη λεγόμενη μονάδα διύλισης αργού πετρελαίου. Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται αναλυτικά τα προϊόντα κάθε σταδίου διεργασίας.

Πίνακας 1: Οι διεργασίες του διυλιστηρίου και τα παραγόμενα προϊόντα^[4]

Διεργασία	Ενέργεια	Μέθοδος	Σκοπός	Πρώτη ύλη	Προϊόν
Διεργασίες απόσταξης					
Ατμοσφαιρική απόσταξη	Διαχωρισμός	Θερμική	Διαχωρισμός κλασμάτων	Αφαλατωμένο αργό πετρέλαιο	Αέρια, αεριέλαια, ελαφρά κλάσματα, βαρέα κλάσματα (υπόλειμμα)
Απόσταξη υπό κενό	Διαχωρισμός	Θερμική	Διαχωρισμός χωρίς περόλυση	Υπόλειμμα ατμοσφαιρικής απόσταξης	Αεριέλαια, βασικά έλαια, βαρέα κλάσματα (υπόλειμμα)
Διεργασίες χημικής μετατροπής - Αποσύνθεση μορίων					
Καταλυτική περόλυση	Αναμόρφωση	Καταλυτική	Αναβάθμιση βενζίνης	Αεριέλαια, ελαφρά κλάσματα, άνθρακας	Βενζίνη, πρώτη ύλη πετροχημικών
Εξανθράκωση	Πολυμερισμός	Θερμική	Μετατροπή βαρέων κλασμάτων (υπολειμμάτων) απόσταξης υπό κενό	Αεριέλαια, άνθρακας, ελαφρά κλάσματα	Βενζίνη, πρώτη ύλη πετροχημικών
Υδρογονοπερόλυση	Υδρογόνωση	Καταλυτικά	Μετατροπή σε ελαφρότερους υδρογονάνθρακες	Αεριέλαια, προϊόν περόλυσης, βαρέα κλάσματα (υπόλειμμα)	Ελαφρότερα, καλύτερης ποιότητας προϊόντα
Αναμόρφωση με ατμό	Αποσύνθεση	Θερμική / καταλυτική	Παραγωγή υδρογόνου	Αποθειωμένο αέριο, Οξυγόνο, ατμός	Υδρογόνο, μονοξειδίο άνθρακα, διοξειδίο άνθρακα

Διεργασία	Ενέργεια	Μέθοδος	Σκοπός	Πρώτη ύλη	Προϊόν
Πυρόλυση με ατμό	Αποσύνθεση	Θερμική	Διάσπαση μεγάλων μορίων	Ελαφρά και βαρέα κλάσματα ατμοσφαιρικής απόσταξης	Πυρολυμένη νάφθα, άνθρακας, βαρέα κλάσματα (υπόλειμμα)
Ιξωδόλυση	Αποικοδόμηση	Θερμική	Μείωση ιξώδους	Βαρέα κλάσματα (υπόλειμμα) ατμοσφαιρικής απόσταξης	Ελαφρά κλάσματα, πίσσα
Διαδικασίες χημικής μετατροπής - Αναμόρφωση μορίων					
Αλκυλίωση	Συνδυασμός	Καταλυτικά	Ένωση ολεφινών και παραφινών	Ισοβουτάνιο από τις διεργασίες της ατμοσφαιρικής απόσταξης, ολεφίνες	Ισοοκτάνιο
Διαδικασία δημιουργίας γράσων	Συνδυασμός	Θερμική	Σαπωνοποίηση βασικών λαδιών	Βασικά λάδια, λιπαρά οξέα	Γράσο
Πολυμερισμός	Πολυμερισμός	Καταλυτικά	Ένωση δύο ή περισσότερων ολεφινών	Ολεφίνες	Νάφθα υψηλού αριθμού οκτανίων, πρώτη ύλη πετροχημικών
Διεργασίες χημικής μετατροπής - Αναδόμηση μορίων					
Καταλυτική αναμόρφωση	Μετατροπή / Αφυδρογόνωση	Καταλυτικά	Αναβάθμιση νάφθας χαμηλού αριθμού οκτανίων	Υδρογονοπερλυμένη νάφθα	Προϊόν αναμόρφωσης υψηλών οκτανίων, αρωματικά
Ισομερίωση	Αναδιάταξη	Καταλυτικά	Μετατροπή ευθειών αλυσίδων σε διακλαδισμένες	Βουτάνιο, πεντάνιο, εξάνιο	Ισοβουτάνιο / πεντάνιο / εξάνιο

Διεργασία	Ενέργεια	Μέθοδος	Σκοπός	Πρώτη ύλη	Προϊόν
Διεργασίες επεξεργασίας					
Επεξεργασία αμινών	Επεξεργασία	Απορρόφηση	Απομάκρυνση όξινων προσμίξεων	Αέρια, υδρογονάνθρακες με διοξείδιο του άνθρακα και υδρόθειο	Μη όξινα αέρια και υγρός υδρογονάνθρακες
Αφαλάτωση	Αφυδρογόνωση	Απορρόφηση	Απομάκρυνση προσμίξεων	Αργό πετρέλαιο	Αφαλατωμένο αργό πετρέλαιο
Ξήρανση (αφαίρεση νερού) και γλύκανση	Επεξεργασία	Απορρόφηση / θερμικά	Απομάκρυνση υγρασίας και ενώσεων θείου	Υγροί υδρογονάνθρακες, Υγρά πετρελαϊκά αέρια (LPG), πρώτη ύλη αλκυλίωσης	Γλυκείς και ξηροί υδρογονάνθρακες
Απόσπαση φουρφοεράλης	Απόσπαση διαλετών	Απορρόφηση	Αναβάθμιση ενδιάμεσων κλασμάτων και βασικών λαδιών	Παραπροϊόντα λαδιών και πρώτη ύλη βασικών λαδιών	Υψηλής ποιότητας diesel και βασικά λάδια
Υδρογονοπερόλυση	Επεξεργασία	Καταλυτικά	Απομάκρυνση θείου, προσμίξεων	Βαρέα κλάσματα (υπόλειμμα) με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο, αερίαια	Αποθειωμένες ολεφίνες
Επεξεργασία με υδρογόνο	Υδρογόνωση	Καταλυτικά	Απομάκρυνση ακαθαρσιών, κορεσμός υδρογονανθράκων	Βαρέα κλάσματα (υπόλειμμα), υδρογονάνθρακες προϊόντα περόλυσης	Πρώτη ύλη διεργασίας περόλυσης, ελαφρά κλάσματα, βασικά λάδια
Απόσπαση φαινολών	Απόσπαση διαλετών	Απορρόφηση	Βελτίωση χρώματος	Βασικά λάδια	Υψηλής ποιότητας βασικά λάδια

Διεργασία	Ενέργεια	Μέθοδος	Σκοπός	Πρώτη ύλη	Προϊόν
Διεργασίες επεξεργασίας					
Επεξεργασία αμινών	Επεξεργασία	Απορρόφηση	Απομάκρυνση όξινων προσμίξεων	Αέρια, υδρογονάνθρακες με διοξείδιο του άνθρακα και υδρόθειο	Μη όξινα αέρια και υγρός υδρογονάνθρακες
Αφαλάτωση	Απευδρογόνωση	Απορρόφηση	Απομάκρυνση προσμιξεων	Αργό πετρέλαιο	Αφαλατωμένο αργό πετρέλαιο
Ξήρανση (αφαίρεση νερού) και γλύκανση	Επεξεργασία	Απορρόφηση / θερμικά	Απομάκρυνση υγρασίας και ενώσεων θείου	Υγροί υδρογονάνθρακες, Υγρά πετρελαϊκά αέρια (LPG), πρώτη ύλη αλκυλίωσης	Γλυκείς και ξηροί υδρογονάνθρακες
Απόσπαση φουρφουράλης	Απόσπαση διαλετών	Απορρόφηση	Αναβάθμιση ενδιάμεσων κλασμάτων και βασικών λαδιών	Παραπροϊόντα λαδιών και πρώτη ύλη βασικών λαδιών	Υψηλής ποιότητας diesel και βασικά λάδια
Υδρογονοπερόλυση	Επεξεργασία	Καταλυτικά	Απομάκρυνση θείου, προσμιξεων	Βαρέα κλάσματα (υπόλειμμα) με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο, αερίαια	Αποθειωμένες ολεφίνες
Επεξεργασία με υδρογόνο	Υδρογόνωση	Καταλυτικά	Απομάκρυνση ακαθαρσιών, κορεσμός υδρογονανθράκων	Βαρέα κλάσματα (υπόλειμμα), υδρογονάνθρακες προϊόντα περόλυσης	Πρώτη ύλη διεργασίας περόλυσης, ελαφρά κλάσματα, βασικά λάδια
Απόσπαση φαινολών	Απόσπαση διαλετών	Απορρόφηση	Βελτίωση χρώματος	Βασικά λάδια	Υψηλής ποιότητας βασικά λάδια

Κλασματική απόσταξη πετρελαίου

Γενικά με τον όρο απόσταξη αναφερόμαστε στον διαχωρισμό των συστατικών ενός υγρού μίγματος. Στην περίπτωση του πετρελαίου, η κλασματική του απόσταξη πραγματοποιείται σε πύργους απόσταξης με θερμαντήρα όπως αυτός της παρακάτω εικόνας.

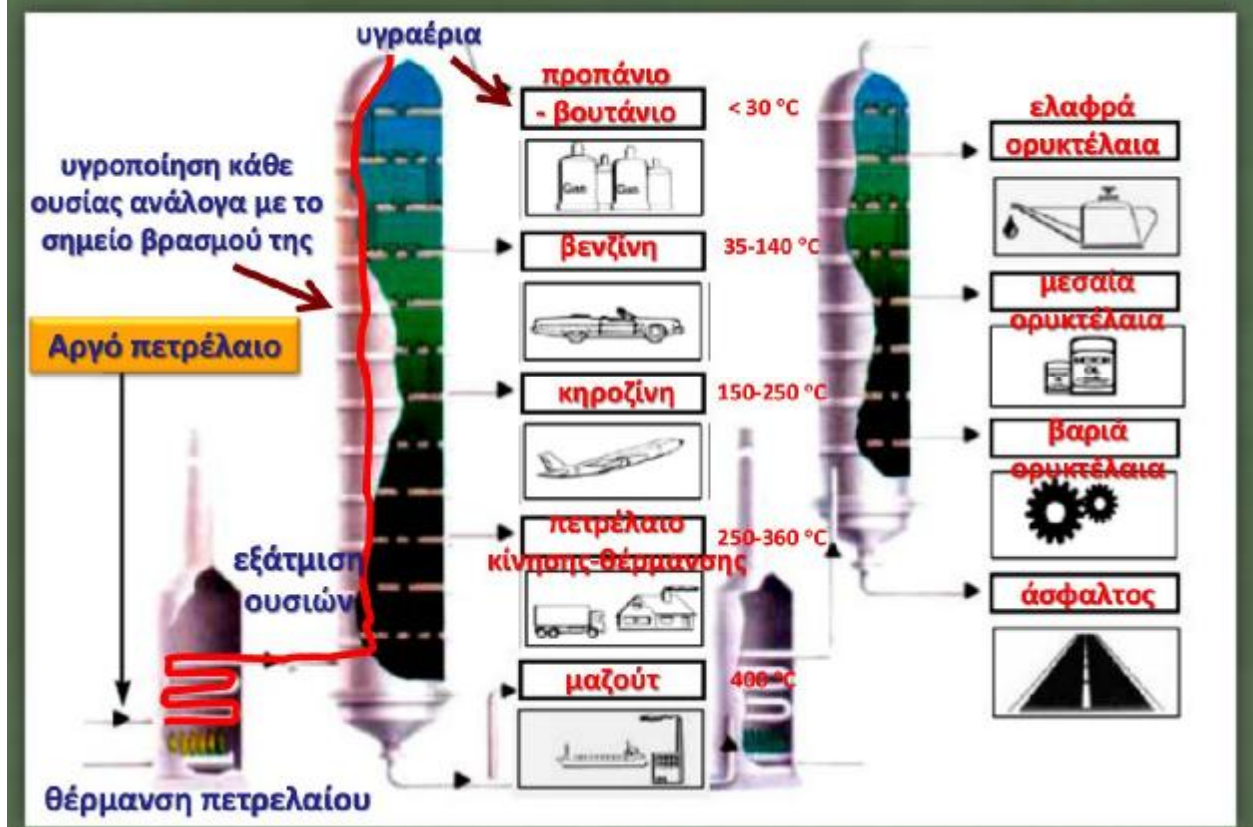


Εικόνα 3: Πύργος απόσταξης

Ο πύργος απόσταξης λειτουργεί ως εξής: Το αργό πετρέλαιο εισάγεται στον θερμαντήρα και θερμαίνεται με αποτέλεσμα να εξατμίζεται. Οι ατμοί αυτοί περιέχουν ένα μεγάλο πλήθος υδρογονανθράκων με διαφορετικά σημεία ζέσης (βρασμού). Γενικά όσο πιο "βαρύτες" είναι ένας υδρογονάνθρακας, δηλαδή όσο περισσότερα άτομα άνθρακα περιέχει τόσο μεγαλύτερο είναι το σημείο ζέσης του. Ο πύργος απόσταξης είναι χωρισμένος σε επίπεδα με διαφορετικές θερμοκρασίες το καθένα (όσο ανεβαίνουμε τα επίπεδα η θερμοκρασία μειώνεται). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οι "βαρύτεροι" υδρογονάνθρακες που περιέχονται στους ατμούς να υγροποιούνται στα χαμηλότερα επίπεδα του πύργου, ενώ οι "ελαφρύτεροι" υδρογονάνθρακες υγροποιούνται στα υψηλότερα επίπεδα του πύργου. Οι υγροποιημένες ουσίες συλλέγονται στις εξόδους του κάθε ορόφου και απομακρύνονται από το μίγμα.^[5]

Η κλασματική απόσταξη σχηματικά φαίνεται παρακάτω.

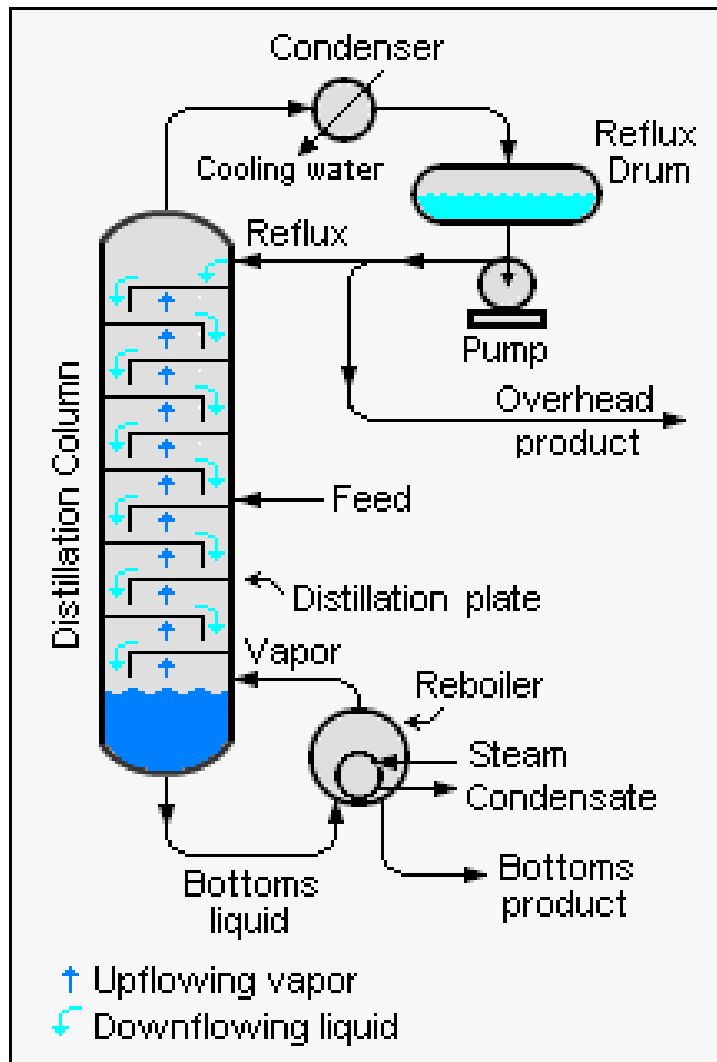
Κλασματική απόσταξη αργού πετρελαίου



Εικόνα 4: Κλασματική απόσταξη αργού πετρελαίου^[6]

Τμηματική απόσταξη αργού πετρελαίου

Στην τμηματική απόσταξη η στήλη κλασμάτωσης είναι τοποθετημένη πάνω σε έναν βραστήρα στον οποίο εισάγεται και η τροφοδοσία. Η κολώνα ονομάζεται αποστακτική κολώνα. Έργο της κολώνας είναι να αυξήσει τη συγκέντρωση των ελαφρότερων συστατικών του μίγματος στους ατμούς και επομένως στο προϊόν κορυφής, ενώ το υγρό υπόλειμμα που παραμένει στον αποστακτήρα, να εμπλουτίζεται συνέχεια σε βαρύτερα υλικά. Στην πράξη μια ποσότητα του υγρού μίγματος τοποθετείται σε έναν αποστακτήρα, ο οποίος διαθέτει θερμαινόμενες σωληνώσεις με ατμό ή θερμό λάδι ή φέρει θερμαντικό χιτώνιο ατμού. Το μίγμα αρχίζει να βράζει και οι παραγόμενοι ατμοί οδηγούνται στον συμπυκνωτή όπου υδροποιούνται και το απόσταγμα συλλέγεται στον υποδοχέα. Τα αποστάγματα μπορούν να συλλέγονται τμηματικά κατά διαστήματα και καλούνται κλάσματα, το κάθε κλάσμα περιέχει ένα ή περισσότερα συστατικά του αρχικού μίγματος. Μια ορισμένη ποσότητα του αποστάγματος επιστρέφει πίσω στην κολώνα σαν επαναροή. Όσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός επαναροής, τόσο αυξάνει η καθαρότητα των προϊόντων του αποστάγματος.^[7]



Εικόνα 5: Τμηματική απόσταξη αργού πετρελαίου^[8]

Διαφορά συνεχούς –τμηματικής απόσταξης

Συνεχής απόσταξη αργού πετρελαίου

- Ιστορικά αποτελεί την παλαιότερη διεργασία πετρελαίου
- Εκτελείται μέσω στηλών απόσταξης πετρελαίου
- Αποτελεί το πρώτο στάδιο της επεξεργασίας

Σαν σκοπό έχει

- Την ανάκτηση των ελαφρών υλικών
- Την κλασμάτωση σε κλάσματα συγκεκριμένων περιοχών βρασμού

Σαν διαμόρφωση μπορεί να υπάρχουν μέχρι και τρεις στήλες στη σειρά, δηλαδή:

- Στήλη ατμοσφαιρικής απόσταξης
- Στήλη απόσταξης υπό κενό
- Μειωμένη πίεση-θερμοκρασίες κάτω από 345°C

Τμηματική απόσταξη

Μια μέθοδος που:

- Ο διαχωρισμός της πραγματοποιείται σε κυλινδρικές κολώνες που ονομάζονται αποστακτικές κολώνες
- Κάθε δίσκος (βαθμίδα) λειτουργεί ως δοχείο εκτόνωσης που περιέχει και υγρό και ατμούς
- Καλός διαχωρισμός
- Οικονομική λειτουργία

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΤΑ ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

1.1 Το προπάνιο

Το Προπάνιο (C_3H_8) είναι υδρογονάνθρακας ο οποίος συναντάται σε αέρια ή υγρή φυσική κατάσταση. Από τη φύση του είναι άοσμο και άχρωμο αλλά προστίθεται σε αυτό τεχνητό άρωμα ώστε να είναι εύκολη η αντίληψη της διαρροής του.

Ειδικό Βάρος (υγρού προπανίου)

Η πυκνότητα του υγρού προπανίου είναι 0,504 στους 15.56 °C. Αυτό σημαίνει ότι το υγρό προπανίου είναι λίγο περισσότερο από το μισό βάρος του νερού στην ίδια θερμοκρασία, έτσι επιπλέει ως υγρό στην επιφάνεια του νερού.

Πυκνότητα Ατμού

Ο ατμός προπανίου έχει πυκνότητα ατμού 1,52 στους 15.56°C. Αυτό σημαίνει ότι ο ατμός προπανίου είναι περίπου 1,5 φορές βαρύτερος από τον αέρα (1.00) και συγκεντρώνεται στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας.

Σημείο Βρασμού

Το σημείο βρασμού του προπανίου είναι -42.22 °C, αρκετά κάτω από την κανονική περιβαλλοντική θερμοκρασία. Αυτό σημαίνει ότι σε κανονική θερμοκρασία *ατμοποιείται*. Γι'αυτό και δεν συναντάται υπό φυσιολογικές συνθήκες σε υγρή μορφή.

Αποτελέσματα της πίεσης και της θερμοκρασίας στο προπάνιο

Η θερμότητα και η πίεση επιδρούν στο προπάνιο με τον ίδιο σχεδόν τρόπο με το νερό. Η θερμότητα που προστίθεται σε αυτό, θα το αναγκάσει να επεκταθεί. Εφ' όσον η δεξαμενή που το περιέχει είναι ανοικτή, οι σχέσεις μεταξύ της θερμότητας, της θερμοκρασίας, και των σημείων βρασμού για το υγρό προπάνιο δεν θα αλλάξουν, ενώ για το αέριο ισχύει η καταστατική εξίσωση των αερίων: $PV=cT$. (Πίεση*Όγκος=σταθερά*Θερμοκρασία)

Αποθήκευση προπανίου σε κλειστές δεξαμενές

Η θερμότητα και η πίεση έχουν επιπτώσεις στο προπάνιο με τον ίδιο σχεδόν τρόπο με το νερό. Όταν τοποθετείται σε κλειστές δεξαμενές (φιάλες) υπό πίεση, το προπάνιο, μπορεί να αποθηκευτεί ως υγρό. Σε μία κλειστή δεξαμενή το υγρό προπάνιο επικάθεται στον πάτο της, ενώ

στο ανώτερο τμήμα της βρίσκεται προπάνιο σε αέρια μορφή. Όταν η πίεση πέσει, το υγρό προπάνιο θα εξατμιστεί τόσο ώστε να διατηρήσει την πίεση των ατμών του σταθερή.

Τέσσερα σημαντικά σημεία για το αέριο προπανίου σε μία κλειστή δεξαμενή:

1. Η θερμότητα του περιβάλλοντος θα θερμάνει το προπάνιο σε μια δεξαμενή ή μία φιάλη. Οι αλλαγές στην θερμοκρασία του υγρού προκαλούν τις αλλαγές στην πίεση ατμού. Σε αυτό το φαινόμενο οφείλεται και το άκρως επικίνδυνο BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion – Έκρηξη οφειλούμενη σε απότομη διαστολή ατμών) (Εικόνα).



Εικόνα 6: Έκρηξη BLEVE

2. Το υγρό προπάνιο, όπως το νερό, θα ατμοποιηθεί όταν προστίθεται θερμότητα σε αυτό. Συνήθως οι δεξαμενές και οι φιάλες γεμίζονται περίπου έως το 80% της ικανότητάς τους, αφήνοντας αρκετό χώρο επάνω από το υγρό για να επιτρέψει στο προπάνιο να επεκταθεί ελεύθερα κατά τις αλλαγές της περιβαλλοντικής θερμοκρασίας. Το καλοκαίρι, η υπερχειλίση στις μικρές φιάλες προπανίου των 9 Kg είναι ένα συχνό φαινόμενο.
3. Κάθε δεξαμενή προπανίου πρέπει να είναι εξοπλισμένη με τουλάχιστον μία ανακουφιστική βαλβίδα πίεσης η οποία μειώνει

την πίεση των ατμών, όταν αυτή τείνει να ξεπεράσει τα ασφαλή όρια αντοχής της.

4. Σε μία δεξαμενή, στο κατώτερο μέρος της είναι το υγρό προπάνιο και στο ανώτερο το αέριο (αν δημιουργηθεί ρωγμή στο άνω μέρος της θα διαρρέει αέριο ενώ στο κάτω μέρος της υγρο.ΠΡΟΣΟΧΗ: Εάν μία δεξαμενή προπανίου ανατραπεί, από την βαλβίδα εξόδου της θα ρέει ΥΓΡΟ προπάνιο)
5. Οι διαρροές υγρού προπανίου είναι πιο επικίνδυνες από τις διαρροές αερίου.

Εύφλεκτα όρια - Θερμοκρασία ανάφλεξης

Τα εύφλεκτα όρια του προπανίου σε αναλογία με τον αέρα είναι από 2.15% έως 9.6%. Η ιδεατή αναλογία καύσης του προπανίου είναι 4% σε αναλογία με τον αέρα. Η θερμοκρασία ανάφλεξης του προπανίου είναι μεταξύ 493.3° C και 604° C.

Προϊόντα τέλειας και ατελούς καύσης του Προπανίου.

Κατά την τέλεια καύση του προπανίου (Αναλογία Προπανίου / Αέρα 2.15-9.6%) παράγονται τα συνήθη προϊόντα της καύσης υδρογονανθράκων, τα οποία είναι Διοξείδιο του Άνθρακα (CO₂) και Υδρατμοί (H₂O).

Κατά την ατελή καύση του προπανίου (Αναλογία Προπανίου / Αέρα μεγαλύτερη του 9.6%) παράγονται επιβλαβείς χημικές ενώσεις:

- Υδρατμοί
- Μονοξείδιο του άνθρακα
- Θεικό οξύ
- Αλδεύδες και
- Αιθάλη

Συνεπώς κρίνεται απαραίτητη η χρήση αναπνευστικής προστασίας (Συσκευή ή φίλτρο) και ιδιαίτερη προσοχή για την αποφυγή δηλητηρίασης λόγω του μονοξειδίου.^[9]

1.2 Η Βενζίνη

Σύσταση και Παραγωγή

Οι βενζίνες είναι μίγματα υδρογονανθράκων με όρια απόσταξης στην περιοχή 30°C ως 210 °C. Σε ένα σύγχρονο διυλιστήριο οι βενζίνες παράγονται από ανάμιξη προϊόντων που προέρχονται από διάφορες διεργασίες. Τα συστατικά που αναμιγνύονται για την παρασκευή των βενζινών προέρχονται κυρίως από μονάδες μετατροπής και σε μικρό μόνο ποσοστό από ατμοσφαιρική απόσταξη. Ο στόχος είναι η παρασκευή ενός τελικού προϊόντος που θα έχει ικανοποιητική συμπεριφορά όταν χρησιμοποιείται σε ένα όχημα υπό διαφορετικές συνθήκες οδήγησης. Ο ρόλος του διυλιστηρίου στην παραγωγή του καυσίμου είναι πολύ σημαντικός, καθώς πρέπει να ικανοποιήσει τις ισχύουσες ευρωπαϊκές προδιαγραφές, ενώ ταυτόχρονα πρέπει να βρει διέξοδο στην αγορά για όλα τα συστατικά που διαθέτει.

Η νάφθα από την ατμοσφαιρική απόσταξη (Straight Run Naphtha) έχει πολύ χαμηλή αντικροτική ικανότητα, η ποσότητα της νάφθας που προστίθεται στη βενζίνη είναι πολύ μικρή και γίνεται μόνο για να έχει το καύσιμο την απαιτούμενη μετωπική πτητικότητα. Το βουτάνιο που έχει πολύ καλό αριθμό οκτανίου χρησιμοποιείται μόνο το χειμώνα λόγω της υψηλής τάσης ατμών.

Τα κλάσματα αναμόρφωσης έχουν πολύ καλή αντικροτική ικανότητα και μικρή πτητικότητα, χρησιμοποιούνται για την παρασκευή βενζίνης υψηλού αριθμού οκτανίου. Η αυξημένη περιεκτικότητά τους σε αρωματικές ενώσεις αποτελεί μειονέκτημα λόγω υψηλότερης τοξικότητας (π.χ βενζόλιο) και υψηλότερων εκπομπών κατά τη χρήση του κλάσματος σε κινητήρες. Μελλοντικός στόχος του διυλιστηρίου είναι ο περιορισμός της χρήσης του κλάσματος αναμόρφωσης.

Τα προϊόντα πυρόλυσης έχουν ικανοποιητική αντικροτική ικανότητα, το κύριο όμως μειονέκτημά τους είναι η αυξημένη περιεκτικότητά τους σε ολεφίνες. Οι ολεφίνες είναι ασταθείς ενώσεις, με υψηλή πτητικότητα, με αυξημένη τάση για συμπύκνωση και πολυμερισμό και δημιουργία αδιάλυτων κομμιωδών ενώσεων. Φαίνεται δηλαδή ότι αυξημένη χρήση προϊόντων πυρόλυσης δημιουργεί προβλήματα στην παραγωγή βενζίνης υψηλής σταθερότητας.

Τα προϊόντα των διεργασιών αλκυλίωσης και ισομερισμού ως συστατικά της βενζίνης προσδίδουν καλή αντικροτική ικανότητα και σταθερότητα στην βενζίνη. Με τη χρήση τους περιορίζεται η περιεκτικότητα σε αρωματικά στο τελικό καύσιμο. Το κλάσμα αλκυλίωσης έχει μικρότερη πτητικότητα σε σύγκριση με το κλάσμα ισομερείωσης.

Η πτητικότητα των βενζινών επηρεάζεται από τα πρόσθετα βελτίωσης του αριθμού οκτανίου. Στο παρελθόν, τα οργανομεταλλικά πρόσθετα που χρησιμοποιήθηκαν για τη βελτίωση της αντικροτικότητας των

βενζινών ήταν ο τετρααιθυλιούχος (TEL) μόλυβδος, καθώς και ο τετραμεθυλιούχος (TML) και ο διμεθυλοδιαιθυλιούχος μόλυβδος. Απαραίτητη ήταν η χρήση των αλκυλαλογονιδίων, όπως του διβρωμοαιθανίου ή μίγμα του με το διχλωροαιθάνιο, στο πρόσθετο ήταν απαραίτητη, γιατί μέσω αυτών ο μόλυβδος απομακρυνόταν από το θάλαμο καύσης με τη μορφή των πτητικών αλογονιδίων του μολύβδου. Ωστόσο, η αρνητική επίδραση που είχε ο μόλυβδος στην υγεία, η απόθεση μολύβδου στον θάλαμο καύσης, η δηλητηρίαση των καταλυτικών μετατροπών οδήγησε στην παύση της χρήσης αλκυλίων του μολύβδου. Αρκετά οργανικά αντικροτικά πρόσθετα έχουν αναπτυχθεί και αντικαταστήσει τις ενώσεις του μολύβδου. Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν ενώσεις όπως οι αρωματικές αμίνες, οι αζωτούχες αρωματικές ενώσεις, οι οξυγονούχες αρωματικές ενώσεις και οι ιωδιούχες ενώσεις. Οι αλκοόλες και οι αιθέρες αποκαλύφθηκε ότι ήταν ο σημαντικότερος αντικαταστάτης των οργανομεταλλικών ενώσεων, επηρεάζοντας τις ιδιότητες των βενζινών (π.χ καμπύλη απόσταξης, τάση ατμών

Η πτητικότητα είναι μία από τις σημαντικότερες ιδιότητες των βενζινών. Η βενζίνη περιέχει πολλές διαφορετικές ενώσεις, δεν έχει ένα συγκεκριμένο σημείο βρασμού, αλλά μια καμπύλη στην οποία το αρχικό από το τελικό σημείο διαφέρουν κατά 170 °C περίπου. Η περιοχή βρασμού της βενζίνης εξαρτάται από τη σύστασή της. Οι βενζίνες περιέχουν πάρα πολλά συστατικά (περίπου 400) κι έτσι εμφανίζουν ομαλές καμπύλες βρασμού, ακόμη και αν χρησιμοποιηθεί στήλη με υψηλό βαθμό διαχωρισμού. Σημειώνεται ότι δεν έχει πολύ μεγάλη σημασία ο "τέλειος" διαχωρισμός των συστατικών μιας βενζίνης, καθώς η συμπεριφορά της σε έναν κινητήρα δεν έχει να κάνει με αυτόν καθεαυτό το διαχωρισμό, αλλά με το σύνολο των συστατικών.

[10]

1.3 Η Κηροζίνη

Κηροζίνη ονομάζεται ένα εύφλεκτο καύσιμο, κύρια χρήση του οποίου είναι στην αεροπορία, αλλά και σε λάμπες κηροζίνης. Η κηροζίνη αποτελείται από υδρογονάνθρακες και προέρχεται από διύλιση φυσικών καυσίμων που περιέχουν υδρογονάνθρακες, συνηθέστερα σήμερα από διύλιση (ορθότερα κλασματική απόσταξη) πετρελαίου. Το λίπος της φάλαινας είχε ευρεία χρήση ως μέσο φωτισμού το 19ο αιώνα. Οι τιμές εκτοξεύθηκαν στα μέσα του αιώνα πυροδοτώντας έρευνες για εναλλακτικούς τρόπους φωτισμού. Το 1846 ο Αβραάμ Γκέσνερ διύλισε για πρώτη φορά κηροζίνη από κάρβουνο, αποκαθλώνοντας το λίπος της φάλαινας και γκρεμίζοντας την τιμή του. Έχει πολύ χαμηλή θερμοκρασία ανάφλεξης (από 38°C έως 65°C περίπου) και για το λόγο αυτό είναι ιδιαίτερα εύφλεκτο. Ο Ιγκνάσι Λουκασιέβιτς το 1853 μαζί με το βοηθό του Γιαν Τσεχ ήταν ο πρώτος στον κόσμο που απέσταξε καθαρή κηροζίνη από πετρέλαιο.. Στις 31 Ιουλίου του 1853 διέθεσε μια

από τις λάμπες (φανούς) κηροζίνης σε τοπικό νοσοκομείο, με σκοπό να παράσχει φωτισμό για μια χειρουργική επέμβαση. Η ημερομηνία αυτή θεωρείται σταθμός για τη σύγχρονη βιομηχανία πετρελαίου

1.4 Το Ντίζελ

Σύσταση Ντίζελ

Το ντίζελ περιέχει παραφινικούς, ναφθενικούς, αρωματικούς και σε μικρές συγκεντρώσεις ολεφινικούς υδρογονάνθρακες. Επίσης, παρουσιάζει μικρές περιεκτικότητες σε ετεροσυστατικά, δηλαδή ενώσεις κυρίως θείου και αζώτου, οι οποίες είναι εν γένει ανεπιθύμητες. Οι ιδιότητες των καυσίμων ντίζελ εξαρτώνται από την περιεκτικότητα των διαφόρων ομάδων υδρογονανθράκων. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι, οι παραφινικοί υδρογονάνθρακες είναι κατάλληλοι για την παραγωγή ντίζελ με υψηλή ποιότητα ανάφλεξης. Η παρουσία τους όμως σε υψηλές συγκεντρώσεις οδηγεί σε μη ικανοποιητικές ρεολογικές ιδιότητες σε χαμηλές θερμοκρασίες, ιδιαίτερα εάν αποτελούνται από μακριές ανθρακικές αλυσίδες. Οι ολεφίνες και τα αρωματικά παρουσιάζουν καλές ιδιότητες ροής σε χαμηλές θερμοκρασίες, αλλά έχουν χαμηλή ποιότητα ανάφλεξης. Το διωλιστήριο κατά την παραγωγή ενός προϊόντος ντίζελ κάνει προσεκτική επιλογή των συστατικών κλασμάτων που θα αναμιχθούν. Επειδή οι διάφοροι τύποι αργού πετρελαίου αποδίδουν προϊόντα με διαφορετικές τιμές ιδιοτήτων, τα διωλιστήρια επεξεργάζονται μια ποικιλία αργών πετρελαίων, ώστε να παράγονται τα απαραίτητα κλάσματα, που με κατάλληλη ανάμιξή τους θα δώσουν προϊόντα με τις επιθυμητές προδιαγραφές

Ιδιότητες ντίζελ

Για την επιλογή ενός καύσιμου προοριζομένου για πολύτροφους κινητήρες Ντίζελ πρέπει να εξετάζονται και να λαμβάνονται υπόψη οι παρακάτω ιδιότητες:

1. Καθαρότητα: Το καύσιμο πρέπει να είναι καθαρό από προσμίξεις (ρητίνες, θείο, κερία και άλλα συστατικά) και από επικαθήσεις λασπών για την καλή λειτουργία του κινητήρα (αντλία καύσιμου, ψεκαστήρες).
2. Ιξώδες: Πρέπει να είναι μικρό, για να μπορεί το καύσιμο να ρέει ελεύθερα στις χαμηλές θερμοκρασίες, αλλά και τόσο ώστε να λιπαίνει κανονικά την αντλία καύσιμου και τα έμβολα των ψεκαστήρων. Το ιξώδες ακόμη καθορίζει το μέγεθος των σταγονιδίων ψεκασμού από τα οποία εξαρτάται η διασπορά του ψεκαζόμενου καύσιμου..
3. Ικανότητα ανάφλεξης-Σημείο ανάφλεξης (Flash Point): Ικανότητα ανάφλεξης είναι η ιδιότητα του καύσιμου να

αναφλέγεται αυτόματα υπό την επίδραση των εντός του κινητήρα συνθηκών. Σημείο ανάφλεξης είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία, στην οποία αναφλέγονται οι ατμοί του καυσίμου με προσαγωγή, όταν αυτό θερμαίνεται κάτω από πρότυπες συνθήκες. Το σημείο ανάφλεξης σχετίζεται με την μετωπική πτητικότητα του καυσίμου και καθορίζει τα ελαφρύτερα συστατικά, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Αποτελεί μια προδιαγραφή ασφάλειας για τις συνθήκες αποθήκευσης και μεταφοράς, ενώ είναι και ένδειξη επιμόλυνσης με ελαφρύτερα συστατικά (βενζίνη).

4. Αριθμός κετανίου: Δείχνει την ετοιμότητα ενός καυσίμου να αναφλέγεται, όταν ψεκάζεται σε έναν κινητήρα Diesel. Όσο υψηλότερος είναι ο αριθμός κετανίου, τόσο ευκολότερη είναι η ανάφλεξη.
5. Δείκτης κετανίου: Είναι το μέτρο της ποιότητας και της καθυστέρησης ανάφλεξης του ντίζελ κίνησης. Αυτό είναι το χρονικό διάστημα μεταξύ της έναρξης της έγχυσης και της έναρξης της καύσης (ανάφλεξη) των καυσίμων.
6. Σημείο ανιλίνης: Είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία είναι πλήρως αναμίξιμοι ίσοι όγκοι δείγματος και ανιλίνης ($C_6H_5NH_2$). Η ανιλίνη είναι μια αρωματική ένωση και το σημείο ανιλίνης αποτελεί μια ένδειξη της περιεκτικότητας του καυσίμου σε αρωματικές ενώσεις. Η μέθοδος προσδιορισμού του σημείου ανιλίνης τείνει να περιοριστεί λόγω της τοξικότητάς της.
7. Δείκτης Diesel (*D.I*): Είναι ένας εμπειρικός τρόπος πρόβλεψης της ποιότητας ανάφλεξης ενός καυσίμου που χρησιμοποιήθηκε από το Βρετανικό Ινστιτούτο Πετρελαίου μέσω του σημείου ανιλίνης και του A.P.I .
8. Πυκνότητα: Η μάζα της μονάδας όγκου του καυσίμου μπορεί να δώσει χρήσιμες ενδείξεις για την σύστασή του και χαρακτηριστικά σχετικά με τη λειτουργία, όπως η ποιότητα ανάφλεξης, η ισχύς, η οικονομία, οι ιδιότητες ροής σε χαμηλές θερμοκρασίες και η τάση για σχηματισμό καπνού. Οι πυκνότητες των ομάδων μειώνονται στη σειρά: Παραφινικοί < Ναφθενικοί < Αρωματικοί
9. Πτητικότητα: Τα χαρακτηριστικά πτητικότητας ενός καυσίμου ντίζελ εκφράζονται σε ορούς θερμοκρασίας, στην οποία αποστάζουν συγκεκριμένες ποσότητες από ένα δείγμα καυσίμου, υπό ελεγχόμενη θέρμανση σε πρότυπη συσκευή. Η απόσταση χαρακτηρίζει και άλλες ιδιότητες όπως το ιξώδες, το σημείο ανάφλεξης, τη θερμοκρασία ανάφλεξης, τον αριθμό κετανίου και την πυκνότητα. Είναι δε σημαντικός παράγοντας έλεγχου της ποιότητας του καυσίμου.
10. Λιπαντική ικανότητα: Είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς το καύσιμο θα πρέπει να λιπαίνει κατά κύριο λόγο τα κινητά εξαρτήματα του συστήματος ψεκασμού. Η λιπαντική ικανότητα ενός καυσίμου εκτιμάται από το ιξώδες του.
11. Περιεκτικότητα σε θείο: Εξαρτάται από το είδος του αργού πετρελαίου από το οποίο προήλθε. Η μέτρησή του βασίζεται σε φθορισμό ακτινών X. Η μείωση της περιεκτικότητας σε θείο γίνεται με κατεργασία του καυσίμου σε μονάδες

υδρογονοαποθείωσης, οι οποίες πρέπει να επιτύχουν υψηλότερους βαθμούς μετατροπής, για να μπορέσουν να επιτύχουν τα αυστηρά όρια που ισχύουν.

12. Τέφρα: Τα ντίτζελ μπορεί να περιέχουν μικρές ποσότητες υλικών, που μπορεί να οδηγήσουν στο σχηματισμό τέφρας κατά την καύση, όπως αιωρούμενα στερεά και διαλυτές οργανομεταλλικές ενώσεις. Οι ενώσεις αυτές μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα αποθέσεων στο σύστημα ψεκασμού του καύσιμου, καθώς και φθορά στο έμβολο ή στα ελατήρια.
13. Εξανθράκωμα: Προσδιορίζει τη μικρή ποσότητα βαρέων συστατικών, που υπάρχουν στο καύσιμο και που κατά την διάρκεια της καύσης δεν οξειδώνονται πλήρως, αλλά πολυμερίζονται σχηματίζοντας ένα είδος αιθάλης. Το εξανθράκωμα προσδιορίζει την τάση του καυσίμου, να δημιουργεί ανθρακούχες αποθέσεις.
14. Νερό και υπόστημα: Συμβάλουν στην φραγή των φίλτρων των δικτύων διανομής και μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα λόγω διάβρωσης και φθοράς του συστήματος ψεκασμού. Το νερό δεν μπορεί να απομακρυνθεί πλήρως από το ντίτζελ. Μπορεί να εισέλθει στο καύσιμο κατά τις διεργασίες παραγωγής ή από το δίκτυο αποθήκευσης και μεταφοράς. Το υπόστημα είναι συνήθως σωματίδια μετάλλων και σκουριά από τις δεξαμενές αποθήκευσης ή συσσωματώματα από πολυμερισμό ολεφινών.
15. Διαβρωτικότητα: Είναι ένα από τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένα καύσιμο ντίτζελ. Είναι η εξασφάλιση ότι δεν θα προσβάλλει τα μέταλλα με τα οποία θα έρχεται σε επαφή στο σύστημα αποθήκευσης, διανομής και τροφοδοσίας στον κινητήρα. Ο χαλκός και τα κράματά του είναι ευπρόσβλητα από συγκεκριμένες ενώσεις θείου, που έχουν διαβρωτικό χαρακτήρα. Η μέθοδος διάβρωσης χάλκινου ελάσματος δίνει μια ένδειξη της τάσης του καυσίμου, να προσβάλλει μεταλλικές επιφάνειες.
16. Θερμογόνος δύναμη: Μετράται με ειδικό θερμιδόμετρο και εκφράζει την ενέργεια, που απελευθερώνεται κατά την καύση του καυσίμου. Είναι μια βασική ιδιότητα ενός καυσίμου και αναφέρεται ως ανώτερη και κατώτερη ανάλογος με την φυσική κατάσταση των ατμών που παράγονται κατά την καύση (υγρή και αέρια αντίστοιχα). Η διαφορά τους εξαρτάται από την περιεκτικότητα του καυσίμου σε υδρογόνο. Η θερμογόνος δύναμη ενός καυσίμου επηρεάζεται από την περιεκτικότητά του σε θείο, νερό και τέφρα.
17. Ιδιότητες ροής σε χαμηλές θερμοκρασίες: Οι παραφινικές ενώσεις είναι επιθυμητές στο ντίτζελ λόγω της πολύ καλής ποιότητας ανάφλεξής τους. Η ύπαρξη όμως παραφινών μεγάλου μοριακού βάρους παρουσιάζει το πρόβλημα δημιουργίας στερεάς φάσης σε χαμηλές θερμοκρασίες. Ο διαχωρισμός αυτός είναι ανεπιθύμητος γιατί προκαλεί προβλήματα στο σύστημα διανομής του καυσίμου. Γιαν τον λόγο αυτό, συνήθως χρησιμοποιούνται πρόσθετα πολυμερή που δεν επιτρέπουν την συσσωμάτωση των κρυστάλλων της παραφίνης σε μορφή που δεν επιτρέπει την ροή

του καυσίμου. Οι ιδιότητες ροής σε χαμηλές θερμοκρασίες διακρίνονται στις παρακάτω υποκατηγορίες:

- a. *Σημείο θόλωσης*: Είναι η υψηλότερη θερμοκρασία στην οποία παρατηρείται διαχωρισμός κρυστάλλων παραφίνης από το καύσιμο, όταν αυτό ψυχθεί κάτω από ειδικές συνθήκες.
- b. *Σημείο ροής*: Είναι η θερμοκρασία στην οποία ο διαχωρισμός παραφίνης είναι τόσο έντονος, που δεν επιτρέπει στο καύσιμο να είναι ρευστό, όταν ψυχθεί κάτω από ειδικές συνθήκες.
- c. *Σημείο εμφάνισης παραφίνης*: Πρόκειται για μια δυναμική δοκιμή όπου κατά την ανάδευση υπό ψύξη γίνεται εμφανής η περιστροφή των κρυστάλλων παραφίνης που διαχωρίστηκαν
- d. *Σημείο φραγής ψυχρού φίλτρου (C.F.P.P)*: Πρόκειται για μια δυναμική μέθοδο δοκιμής που προσομοιάζει τις πραγματικές συνθήκες λειτουργίας του συστήματος τροφοδοσίας του κινητήρα.
- e. *Δόκιμη ροής χαμηλών θερμοκρασιών*: Είναι αντίστοιχη της προηγούμενης και χρησιμοποιείται στις Η.Π.Α.

18. Σταθερότητα Ντίζελ: Η σταθερότητα του πετρελαίου είναι ένα ιδιότητα που επηρεάζει το καύσιμο από την παράγωγή μέχρι την τελική χρήση. Όταν το καύσιμο περιέχει ασταθή συστατικά όπως προϊόντα πυρόλυσης, εξαιτίας της αναπόφευκτης επαφής με αέρα και νερό κατά την αποθήκευση, εμφανίζει αλλοίωση του χρώματος και παράγωγή υπολείμματος και ιζήματος (gum and sediment). Το φαινόμενο της αστάθειας κατά την αποθήκευσή του (storage stability) συνεπάγεται φραγή σε φίλτρα, σχηματισμό κωκ στα συστήματα εισαγωγής (injectors) και στον κύλινδρο, διάβρωση. Η έντονη υδρογόνωση του πετρελαίου κίνησης και η αναλογικά μικρή παρουσία προϊόντων πυρόλυσης μειώνει σημαντικά τα προβλήματα αστάθειας. Οι χημικοί μηχανισμοί που οδηγούν σε σχηματισμό αδιάλυτου υπολείμματος είναι:

- a. Οξείδωση-πολυμερισμός με ελεύθερες ρίζες. Προϋποθέτει παρουσία ολεφινών, ακόρεστων συστατικών και μετάλλων που δρουν καταλυτικά.
- b. Αντιδράσεις οξέος-βάσης. Προϋποθέτει παρουσία προϊόντων οξείδωσης (έντονη παρουσία θείου) που αντιδρούν με ενώσεις αζώτου με βασικό χαρακτήρα.
- c. Αντιδράσεις εστεροποίησης. Η μακροχρόνια σταθερότητα κατά την αποθήκευση μπορεί μόνο έμμεσα να προβλεφτεί στο εργαστήριο, επιταχύνοντας τις αντιδράσεις, διατηρώντας το δείγμα σε υψηλή θερμοκρασία, σε επαφή με οξυγόνο, για μικρά χρονικά διαστήματα, αντί να μελετάται σε συνθήκες περιβάλλοντος για πολύ μεγάλο χρόνο, που θα είχε ως αποτέλεσμα το φαινόμενο της αποσταθεροποίησης του καυσίμου.^[11]

1.5 Το Μαζούτ

Ο όρος μαζούτ (προέρχεται από το γαλλικό mazout) ή πετρέλαιο εξωτερικής καύσης (fuel oil) αναφέρεται σε βαριά προϊόντα τα οποία είναι υπολείμματα της απόσταξης του αργού πετρελαίου. Γενικά, το μαζούτ είναι ένα μαύρο παχύρευστο σε συνήθεις συνθήκες θερμοκρασίας υγρό που χρησιμοποιείται κυρίως σαν καύσιμο σε μεγάλες εγκαταστάσεις παραγωγής ατμού ή ηλεκτρισμού και για κίνηση πλοίων. Τα μαζούτ, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα προϊόντα του αργού πετρελαίου είναι υπολείμματα απόσταξης κι όχι αποστάγματα. Τα μαζούτ είναι τα προϊόντα του διωλιστηρίου με τη χαμηλότερη τιμή πώλησης και με φθίνουσα ζήτηση με την πάροδο του χρόνου. Οι προδιαγραφές της αγοράς θέτουν περιορισμούς κυρίως στο ιξώδες και την περιεκτικότητα σε θείο.

Τα βασικά συστατικά για την παρασκευή των μαζούτ, είναι τα βαριά υπολείμματα από όλες τις διεργασίες. Στα σύγχρονα διωλιστήρια το υπόλειμμα ατμοσφαιρικής απόσταξης είναι σπάνια επειδή υφίσταται περαιτέρω διεργασίες για την αύξηση της παραγωγής λευκών προϊόντων. Το υπόλειμμα της απόσταξης υπό κενό είναι πολύ βαρύ και δεν μπορεί να ικανοποιήσει τις προδιαγραφές της αγοράς. Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται εν μέρει με ιξωδόλυση των βαρέων υπολειμμάτων. Η πιο συνήθης πρακτική όμως είναι η ανάμιξη των βαρέων υπολειμμάτων με ελαφρά συστατικά, ώστε το τελικό προϊόν να έχει το επιθυμητό ιξώδες. Προτιμάται η χρήση gasoil που προέρχονται από πυρολιτικές διεργασίες, λόγω της κακής τους ποιότητας για την παραγωγή ντίζελ. Για λόγους ασφαλείας αποκλείεται η χρήση ελαφρών συστατικών, της κλάσης της βενζίνης και της κηροζίνης. Επειδή το κόστος αποθείωσης των υπολειμμάτων είναι πολύ υψηλό και η τιμή του τελικού προϊόντος είναι χαμηλή, για την παρασκευή μαζούτ χαμηλού θείου χρησιμοποιείται υπόλειμμα απόσταξης αργού πετρελαίου χαμηλού θείου.

Προδιαγραφές του μαζούτ

- 1. Πυκνότητα:** Η μέτρηση της πυκνότητας στα μαζούτ γίνεται με τη μέθοδο ISO 3675. Στο δείγμα βυθίζεται πυκνόμετρο που είναι ένας γυάλινος βαθμονομημένος πλωτήρας και γίνεται ανάγνωση στην επιφάνεια του υγρού. Η τιμή της πυκνότητας ανάγεται στη θερμοκρασία αναφοράς των 15 °C. Η πυκνότητα των μαζούτ μετριέται σε θερμοκρασίες λίγο πάνω από τους 50°C ώστε το δείγμα να είναι πλήρως ομογενοποιημένο και ρευστό. Η πυκνότητα είναι μια ιδιότητα αρκετά σημαντική γιατί σχετίζεται με τη θερμογόνο δύναμη του καυσίμου και με τη ρύθμιση του καυστήρα στον οποίο θα χρησιμοποιηθεί το μαζούτ, καθώς και στην ογκομέτρηση (προμέτρηση, επιμέτρηση) των δεξαμενών μαζούτ προκειμένου να καθοριστεί η μάζα του περιεχόμενου

μαζούτ, διότι οι μετρήσεις των διακινούμενων ποσοτήτων μαζούτ γίνονται σε μάζα και όχι σε όγκο.

2. **Ιξώδες:** Το ιξώδες ενός ρευστού αποτελεί ένα μέτρο της εσωτερικής του αντίστασης στη ροή. Το ιξώδες είναι μια πολύ σημαντική ιδιότητα που επηρεάζει τη διάσπαση του καυσίμου σε πολύ μικρά σταγονίδια στο ακροφύσιο του καυστήρα. Όσο μεγαλύτερο είναι το ιξώδες, τόσο δυσκολότερο είναι αυτό. Το ιξώδες μεταβάλλεται σημαντικά με τη θερμοκρασία. Με μείωση της θερμοκρασίας αυξάνεται το ιξώδες του καυσίμου.
3. **Περιεκτικότητα σε θείο:** Η περιεκτικότητα του καυσίμου σε θείο, εξαρτάται από το είδος του αργού πετρελαίου απ' το οποίο προήλθε. Το θείο περιέχεται στο καύσιμο σαν ετεροάτομο στους υδρογονάνθρακες, και μπορεί να βρίσκεται ενωμένο είτε σε ευθύγραμμη αλυσίδα είτε σε δακτύλιο. Το θείο είναι ανεπιθύμητο επειδή κατά την καύση του μετατρέπεται σε διοξείδιο του θείου (SO₂) που είναι όξινο και διαβρωτικό, ενώ επίσης συμβάλλει στο φαινόμενο της όξινης βροχής. Το πρόβλημα γίνεται οξύτερο όταν σχηματιστεί τριοξείδιο του θείου (SO₃) που με τους υδρατμούς των καυσαερίων γίνεται θεικό οξύ, που επιτείνει τα προβλήματα διάβρωσης, ενώ μειώνει και το βαθμό απόδοσης της εγκατάστασης επειδή τα καυσαέρια εγκαταλείπουν την εγκατάσταση σε υψηλή θερμοκρασία για ν' αποφευχθεί η συμπύκνωση των όξινων καυσαερίων.
4. **Θερμογόνος Δύναμη:** Είναι μια μέτρηση της ενέργειας που ελευθερώνεται κατά την καύση του καυσίμου και αποτελεί τη βάση για τον υπολογισμό της θερμικής απόδοσης. Εκφράζεται σε μονάδες ενέργειας ανά μάζα καυσίμου. Η θερμογόνος δύναμη αναφέρεται σαν ανώτερη και σαν κατώτερη, ανάλογα με τη φυσική κατάσταση των υδρατμών που παράγονται κατά την καύση (υγρή και αέρια αντίστοιχα). Η διαφορά τους εξαρτάται από την περιεκτικότητα του καυσίμου σε υδρογόνο. Η θερμογόνος δύναμη ενός καυσίμου επηρεάζεται και από την περιεκτικότητα του σε θείο, νερό και τέφρα. Για τον προσδιορισμό της θερμογόνου δύναμης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και εμπειρικές σχέσεις και διαγράμματα όταν δεν είναι δυνατός ο πειραματικός προσδιορισμός της.
5. **Σημείο ανάφλεξης:** Το σημείο ανάφλεξης (flash point) αποτελεί μια προδιαγραφή ασφαλείας για τις συνθήκες αποθήκευσης και μεταφοράς του καυσίμου. Αποτελεί μια πρώτη ένδειξη μόλυνσης με ελαφρύτερα συστατικά.
6. **Τέφρα:** Τα μαζούτ μπορεί να περιέχουν μικρές ποσότητες υλικών που μπορεί να οδηγήσουν στο σχηματισμό τέφρας κατά την καύση, όπως αιωρούμενα στερεά και διαλυτές οργανομεταλλικές ενώσεις. Οι ενώσεις αυτές μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα αποθέσεων στο σύστημα ψεκασμού του καυσίμου, καθώς και φθορά στις εγκαταστάσεις μεταφοράς θερμότητας στις θερμικές εγκαταστάσεις. Η εναπόθεση τέφρας στις επιφάνειες μεταφοράς θερμότητας εκτός από τη διάβρωση μειώνει και το συντελεστή μεταφοράς θερμότητας, άρα και την απόδοση της θερμικής εγκατάστασης

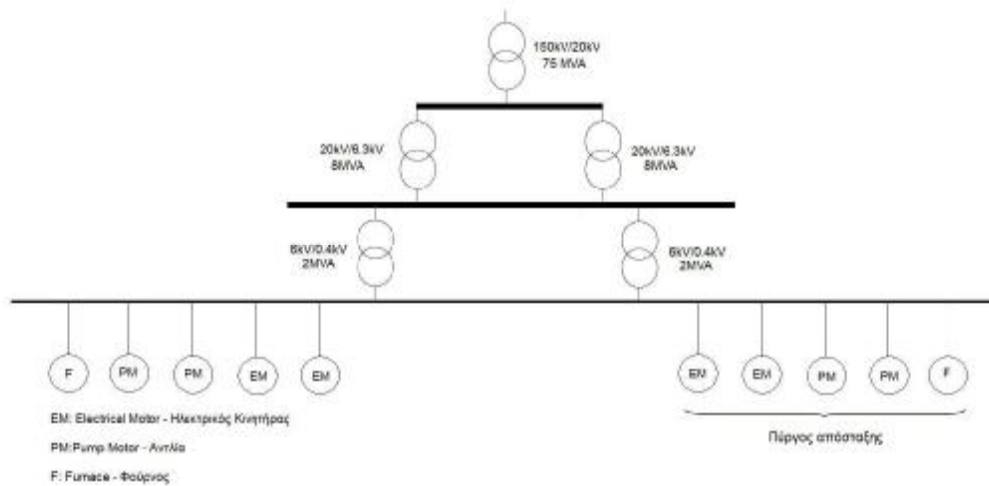
- 7. Ανθρακούχο υπόλειμμα:** Το ανθρακούχο υπόλειμμα προσδιορίζει την ποσότητα βαρέων συστατικών που υπάρχουν στο καύσιμο, και κατά τη διάρκεια της καύσης δεν οξειδώνονται πλήρως, αλλά πυρολύονται σχηματίζοντας ένα είδος αιθάλης. Το εξανθράκωμα προσδιορίζει την τάση του καυσίμου να δημιουργεί ανθρακούχες αποθέσεις. Οι ανθρακούχες αυτές αποθέσεις μειώνουν την απόδοση των ακροφυσίων ψεκασμού μειώνοντας την απόδοση του καυστήρα, ενώ ταυτόχρονα εντείνουν τη φθορά τους.
- 8. Νερό και Υπόστημα:** Το νερό δεν μπορεί να απομακρυνθεί εντελώς από τα μαζούτ με απλές μεθόδους επειδή έχει παραπλήσια πυκνότητα με αυτά. Μπορεί να εισέλθει στο καύσιμο κατά τις διεργασίες παραγωγής ή από το δίκτυο αποθήκευσης και μεταφοράς. Το υπόστημα που εμφανίζεται στα μαζούτ είναι ή ανόργανης προέλευσης, όπως σωματίδια μετάλλων και σκουριά από τις δεξαμενές αποθήκευσης ή οργανικής από τη συσσωμάτωση ολεφινών από πυρολυμένα gasoil. Το πρόβλημα του υποστήματος είναι πιο έντονο όταν το μαζούτ έχει προέλθει από ανάμιξη ενός βαρέως υπολείμματος πυρολυτικών διεργασιών με gasoil από ατμοσφαιρική απόσταξη. Σε αυτήν την περίπτωση παρατηρείται συχνά διαχωρισμός βαρέων συστατικών (πίσσα) λόγω ασυμβατότητας μεταξύ των υδρογονανθράκων που υπάρχουν στα δύο συστατικά. Το νερό και το υπόστημα μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα λόγω διάβρωσης και φθοράς του συστήματος ψεκασμού.
- 9. Σημείο Ροής:** Το σημείο ροής είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία το προϊόν ρέει, όταν αυτό ψύχεται υπό τις συνθήκες της μεθόδου. Η πρακτική σημασία του σημείου ροής για το μαζούτ είναι ασήμαντη διότι οι θερμοκρασίες προθέρμανσης για να αποκτήσει το επιθυμητό ιξώδες είναι υψηλότερες του σημείου ροής του καυσίμου, εξασφαλίζοντας έτσι τη ρευστότητά του.[12]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΔΙΥΛΙΣΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

2.1. Περιγραφή της λειτουργίας της γραμμής (συνεργαζόμενα μέρη από τον υποσταθμό μέχρι τη γραμμή διύλισης)

Η τροφοδοσία της γραμμής διύλισης από το υποσταθμό μέσης τάσης μέχρι και τον πύργο απόσταξης φαίνεται παρακάτω



Εικόνα 7: Το μονογραμμικό σχέδιο της εγκατάστασης

Στην άφιξη της υψηλής τάσης υπάρχει μετασχηματιστής υποβιβασμού 150kV/20kV και ακολουθεί μετασχηματιστής υποβιβασμού 20kV/6.3kV. Στη συνέχεια υπάρχει μετασχηματιστής υποβιβασμού 6.3kV/0.4kV από τον οποίο τροφοδοτείται ο πύργος απόσταξης ο οποίος όπως φαίνεται αποτελείται από δύο ηλεκτρικούς κινητήρες (EM: Electrical Motor), μία αντλία (PM: Pump Motor) και έναν φούρνο (F: Furnace). Ο υποβιβασμός της τάσης πραγματοποιείται σταδιακά για εξοικονόμηση διατομής καλωδίων.

Στοιχεία των κινητήρων

ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ	ΙΣΧΥΣ(kW)	ΡΕΥΜΑ(A)	COSφ	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ(EM: Electrical Motor)	10	19-22	0.9	3Φ
ΑΝΤΛΙΑ (PM: Pump Motor)	15	29-32	0.9	3Φ
ΦΟΥΡΝΟΣ (F:FURNACE)	22	44	0.8	3Φ

Στοιχεία Μετασχηματιστών

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ	ΙΣΧΥΣ(MVA)	ΛΟΓΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ
6 KV/0.4KV	2	15:1
20 KV/6.3KV	8	3.175:1
150 KV/20KV	75	7.5:1

2.2. Υπολογισμός διατομών και μέσων προστασίας των κινητήρων και των μετασχηματιστών

Πίνακας 1: Συντελεστές προσαύξησης του ρεύματος λόγω θερμοκρασίας

Θερμοκρασία °C	30	35	40	45	50	55
Ποσοστό %	100	91	82	71	58	41

Πίνακας 2: Διατομή Επαρκούς θερμικής αντοχής

Διατομή [mm ²]	Μέγιστο ρεύμα [A]		
	Ομάδα I	Ομάδα II	Ομάδα III
0.75	-	15	7
1	11	18	9
1.5	14	22	10
2.5	20	31	15
4	25	41	20
6	33	54	26
10	43	70	35
16	60	96	48
25	83	128	65
35	100	153	78
50	127	197	100

70	147	234	-
95	181	287	-
120	208	336	-
150	238	383	-
185	266	435	-
240	310	515	-

Η μέγιστη επιτρεπόμενη πτώση τάσης από τον κινητήρα μέχρι τον κεντρικό πίνακα είναι 3% ή $400 \times 3/100 = 12\text{Volt}$ σε βιομηχανικούς χώρους.

Η πτώση τάσης αυτή μοιράζεται σε 1.5% από τον κινητήρα μέχρι και τον υποπίνακα, δηλαδή 6Volt και σε 1.5% από τον υποπίνακα μέχρι τον κεντρικό πίνακα δηλαδή 6 Volt..

Τα καλώδια που θα χρησιμοποιηθούν είναι κατάλληλα για βιομηχανική χρήση. Κατασκευάζονται από την εταιρία «Ελληνικά Καλώδια Α.Ε.» (cablel) και όλα τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά παρατίθενται στο παράρτημα II



1. Αγωγός.
2. Μόνωση PVC.
3. Εσωτερική επικάλυψη.
4. Εξωτερικός μανδύας.

ΤΥΠΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ:

J1VV-U (μονόκλωνος στρογγυλός αγωγός)
J1VV-R (πολύκλωνος στρογγυλός αγωγός)
J1VV-S (πολύκλωνος αγωγός κυκλικού τομέα)

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ:

600/1000 V

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ:

IEC 60502-1

Χρήσεις

Καλώδια ισχύος για σταθερή εγκατάσταση σε ξηρούς ή υγρούς χώρους στον αέρα ή στο έδαφος.

Εικόνα 8: Το καλώδιο των κινητήρων και υποπινάκων

Στην παρούσα εγκατάσταση θα χρησιμοποιηθούν αυτόματοι διακόπτες ισχύος σύμφωνα με τον πίνακα 2

Πίνακας 2: Αυτόματοι Διακόπτες

Στοιχεία διακοπών ισχύος από κατασκευαστές			
Ονομαστικό ρεύμα (σε A)	Ρύθμιση θερμικού (σε A)	Ρύθμιση μαγνητικού (σε A)	Ικανότητα διακοπής (σε kA)
Τριπολικό και τετραπολικό από 16 – 125 A με ρυθμιζόμενα θερμικά και σταθερά μαγνητικά στοιχεία			
16	12,8 – 16	190	16
25	20 – 25	300	16
40	32 – 40	500	16
63	50,4 – 63	500	16
80	64 – 80	1000	16
100	80 – 100	1250	16
125	100 - 125	1250	16
Τριπολικό και τετραπολικό από 16 – 1250 A με ρυθμιζόμενα θερμικά και σταθερά μαγνητικά στοιχεία			
16	12,8 – 16	200	25
25	20 – 25	300	25
32	25,6 – 32	400	25
40	32 – 40	500	25
50	40 – 50	500	25
63	50,4 – 63	500	25
80	64 – 80	640	25
100	80 – 100	800	25
80	64 – 80	1000	36
100	80 – 100	1250	36
125	100 – 125	1250	36
160	128 – 160	1250	36
160	64 – 160	128 – 1600	36
200	160 – 200	1000 – 2000	36
250	200 – 250	1250 – 2500	36
250	100 – 250	200 – 2500	36
400	160 – 400	320 – 4000	45
630	252 – 630	504 – 6300	45
800	320 – 800	480 – 8000	50
1000	400 – 1000	600 – 10000	50
1250	500 – 1250	750 - 12500	50

Υπολογισμός διατομής κινητήρα αντλίας ισχύος 15 kW

Αντλία Πετρελαίου ονομαστικού ρεύματος 29-32A και συνφ=0.9

Απόσταση κινητήρα από τον διακόπτη αστέρα-τριγώνου 10 m και από τον διακόπτη μέχρι τον υποπίνακα 50m

Μέθοδος ασφαλούς λειτουργίας

Το ρεύμα αυτό προσαυξάνεται 25% επειδή το φορτίο είναι κινητήρας.

$$I = I \times 1.25 = 32 \cdot 1.25 = 40 A$$

Χρησιμοποιούμε τον συντελεστή διόρθωσης n_2 για θερμοκρασία 50°C όπου σύμφωνα με τον πίνακα 1 έχουμε $n_2=0.58$:

$$I' = \frac{I}{n_2} = \frac{40}{0.58} \Rightarrow I' = 69 A$$

Από τον πίνακα 2 (κοιτάμε 1^η στήλη) επιλέγουμε διατομή αγωγών ίση με 25mm² η οποία ισχύει από τον υποπίνακα μέχρι τον διακόπτη αστέρα-τριγώνου.

Μέθοδος επιτρεπόμενης πτώσης τάσης

Η πτώση τάσης για μήκος γραμμής 50 m από τον υποπίνακα είναι:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot r \cdot \mathbf{I} \cdot I \cdot \cos j}{S} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0.018 \cdot 50 \cdot 69 \cdot 0.9}{25} \Rightarrow \Delta V = 3.87 Volt$$

Η πτώση τάσης 3.87 V είναι μικρότερη από 6 V άρα η διατομή των αγωγών που θα χρησιμοποιήσουμε είναι 25 mm².

Μετά τον διακόπτη αστέρα-τριγώνου το ρεύμα διαιρείται με $\sqrt{3}$, οπότε

$$I' = \frac{I}{\sqrt{3}} = \frac{69}{\sqrt{3}} \Rightarrow I' = 39.84 A$$

Από τον πίνακα 2 (κοιτάμε 1^η στήλη) επιλέγουμε διατομή αγωγών ίση με 10mm² η οποία ισχύει από τον διακόπτη αστέρα τριγώνου μέχρι και την αντλία.

Μέθοδος επιτρεπόμενης πτώσης τάσης

Η πτώση τάσης για μήκος γραμμής 10 m από τον διακόπτη είναι:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot r \cdot \mathbf{I} \cdot I \cdot \cos j}{S} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0.018 \cdot 10 \cdot 39.84 \cdot 0.9}{10} \Rightarrow \Delta V = 1.12 Volt$$

Η πτώση τάσης 1.12 V είναι μικρότερη από 6 V άρα η διατομή των αγωγών που θα χρησιμοποιήσουμε είναι 10 mm².

- Οι αγωγοί της γραμμής από τον πίνακα μέχρι το διακόπτη αστέρα-τριγώνου είναι: **4×25mm² J1VV-S**
- Οι αγωγοί της γραμμής από τον διακόπτη αστέρα-τριγώνου μέχρι τον κινητήρα είναι: **4×10mm² J1VV-S**
- Ασφάλεια

Από πίνακα 2 προκύπτει I₀=83A. Έτσι I_{max}=I₀×n₁×n₂=83×0.58=48.14A.

Πρέπει I_N<I_{max}. Άρα τελικά επιλέγεται ασφάλεια 35A, τύπου aM

- Ρύθμιση θερμικού $\frac{32}{\sqrt{3}}=18.475A$

Υπολογισμός διατομής ηλεκτρικού κινητήρα ισχύος 10 kW

Ηλεκτρικός Κινητήρας ονομαστικού ρεύματος 19-22A και συνφ=0.9

Απόσταση κινητήρα από τον διακόπτη αστέρα-τριγώνου 10 m και από τον διακόπτη μέχρι τον υποπίνακα 50m

Μέθοδος ασφαλούς λειτουργίας

Το ρεύμα αυτό προσαυξάνεται 25% επειδή το φορτίο είναι κινητήρας.

$$I = I \times 1.25 = 22 \cdot 1.25 = 27.5A$$

Χρησιμοποιούμε τον συντελεστή διόρθωσης n₂ για θερμοκρασία 50°C όπου σύμφωνα με τον πίνακα 1 έχουμε n₂=0.58:

$$I' = \frac{I}{n_2} = \frac{27.5}{0.58} \Rightarrow I' = 47.4 A$$

Από τον πίνακα 2 (κοιτάμε 1^η στήλη) επιλέγουμε διατομή αγωγών ίση με 16mm² η οποία ισχύει από τον υποπίνακα μέχρι τον διακόπτη αστέρα-τριγώνου.

Μέθοδος επιτρεπόμενης πτώσης τάσης

Η πτώση τάσης για μήκος γραμμής 50 m από τον υποπίνακα είναι:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot r \cdot \mathbf{I} \cdot I \cdot \cos j}{S} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0.018 \cdot 50 \cdot 47.4 \cdot 0.9}{16} \Rightarrow \Delta V = 4.15 \text{ Volt}$$

Η πτώση τάσης 4.15 V είναι μικρότερη από 6 V άρα η διατομή των αγωγών που θα χρησιμοποιήσουμε είναι 16 mm².

Μετά τον διακόπτη αστέρα-τριγώνου το ρεύμα διαιρείται με $\sqrt{3}$, οπότε

$$I' = \frac{I}{\sqrt{3}} = \frac{47.4}{\sqrt{3}} \Rightarrow I' = 27.36 \text{ A}$$

Από τον πίνακα 2 (κοιτάμε 1^η στήλη) επιλέγουμε διατομή αγωγών ίση με 6mm² η οποία ισχύει από τον διακόπτη αστέρα τριγώνου μέχρι και τον κινητήρα.

Μέθοδος επιτρεπόμενης πτώσης τάσης

Η πτώση τάσης για μήκος γραμμής 10m από τον κινητήρα είναι:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot r \cdot \mathbf{I} \cdot I \cdot \cos j}{S} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0.018 \cdot 10 \cdot 27.36 \cdot 0.9}{6} \Rightarrow \Delta V = 1.28 \text{ Volt}$$

Η πτώση τάσης 1.28 V είναι μικρότερη από 6 V άρα η διατομή των αγωγών που θα χρησιμοποιήσουμε είναι 6 mm².

- Οι αγωγοί της γραμμής από τον πίνακα μέχρι το διακόπτη αστέρα-τριγώνου είναι: **4×16mm² J1VV-S**
- Οι αγωγοί της γραμμής από τον διακόπτη αστέρα-τριγώνου μέχρι τον κινητήρα είναι: **4×6mm² J1VV-S**
- Ασφάλεια

Από πίνακα 2 προκύπτει I₀=60A. Έτσι I_{max}=I₀×n₁×n₂=60×0.58=34.8A.

Πρέπει I_N<I_{max}. Άρα τελικά επιλέγεται ασφάλεια 25A, τύπου aM

- Ρύθμιση θερμικού $\frac{22}{\sqrt{3}}=12.7\text{A}$

Υπολογισμός διατομής κινητήρα φούρνου ισχύος 22 kW

Αντλία Πετρελαίου ονομαστικού ρεύματος 44A και συνφ=0.9

Απόσταση κινητήρα από τον διακόπτη αστέρα-τριγώνου 10 m και από τον διακόπτη μέχρι τον υποπίνακα 50m

Μέθοδος ασφαλούς λειτουργίας

Το ρεύμα αυτό προσαυξάνεται 25% επειδή το φορτίο είναι κινητήρας.

$$I = I \times 1.25 = 44 \cdot 1.25 = 55 A$$

Χρησιμοποιούμε τον συντελεστή διόρθωσης n_2 για θερμοκρασία 50°C όπου σύμφωνα με τον πίνακα 1 έχουμε $n_2=0.58$:

$$I' = \frac{I}{n_2} = \frac{55}{0.58} \Rightarrow I' = 94.82 A$$

Από τον πίνακα 2 (κοιτάμε 1^η στήλη) επιλέγουμε διατομή αγωγών ίση με 35mm² η οποία ισχύει από τον υποπίνακα μέχρι τον διακόπτη αστέρα-τριγώνου.

Μέθοδος επιτρεπόμενης πτώσης τάσης

Η πτώση τάσης για μήκος γραμμής 50 m από τον υποπίνακα είναι:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot r \cdot \mathbf{1} \cdot I \cdot \cos j}{S} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0.018 \cdot 50 \cdot 94.82 \cdot 0.9}{35} \Rightarrow \Delta V = 3.8 \text{ Volt}$$

Η πτώση τάσης 3.8V είναι μικρότερη από 6 V άρα η διατομή των αγωγών που θα χρησιμοποιήσουμε είναι 35 mm².

Μετά τον διακόπτη αστέρα-τριγώνου το ρεύμα διαιρείται με $\sqrt{3}$, οπότε

$$I' = \frac{I}{\sqrt{3}} = \frac{94.82}{\sqrt{3}} \Rightarrow I' = 54.75 A$$

Από τον πίνακα 2 (κοιτάμε 1^η στήλη) επιλέγουμε διατομή αγωγών ίση με 16mm² η οποία ισχύει από τον διακόπτη αστέρα-τριγώνου μέχρι και το φούρνο.

Μέθοδος επιτρεπόμενης πτώσης τάσης

Η πτώση τάσης για μήκος γραμμής 10m από τον κινητήρα είναι:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot r \cdot \mathbf{1} \cdot I \cdot \cos j}{S} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0.018 \cdot 10 \cdot 54.75 \cdot 0.9}{16} \Rightarrow \Delta V = 0.96 \text{ Volt}$$

Η πτώση τάσης 0.96V είναι μικρότερη από 6 V άρα η διατομή των αγωγών που θα χρησιμοποιήσουμε είναι 16 mm².

- Οι αγωγοί της γραμμής από τον πίνακα μέχρι το διακόπτη αστέρα-τριγώνου είναι: **4×35mm² J1VV-S**

- Οι αγωγοί της γραμμής από τον διακόπτη αστέρα-τριγώνου μέχρι τον κινητήρα είναι: **4×16mm² J1VV-S**
- Ασφάλεια

Από πίνακα 3 προκύπτει $I_0=99\text{A}$. Έτσι $I_{\max}=I_0 \times n_1 \times n_2=100 \times 0.58=58\text{A}$.

Πρέπει $I_N < I_{\max}$. Άρα τελικά επιλέγεται ασφάλεια 50A, τύπου aM

- Ρύθμιση θερμικού $\frac{44}{\sqrt{3}}=25.4\text{A}$

Υπολογισμός Υποπίνακα

$$I_{\text{ΥΠΟΠΙΝΑΚΑ,ΕΝΕΡΓΗ_ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ}} = 32 \times 0.9 + 22 \times 0.9 + 1.25 \times 44 \times 0.8 \Rightarrow$$

$$I_{\text{ΥΠΟΠΙΝΑΚΑ,ΕΝΕΡΓΗ_ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ}} = 92.6\text{A}$$

$$I_{\text{ΥΠΟΠΙΝΑΚΑ,ΑΕΡΓΗ_ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ}} = 32 \times 0.435 + 22 \times 0.435 + 1.25 \times 44 \times 0.6 \Rightarrow$$

$$I_{\text{ΥΠΟΠΙΝΑΚΑ,ΑΕΡΓΗ_ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ}} = 56.49\text{A}$$

Άρα το ρεύμα του πίνακα είναι:

$$I_{\text{ΥΠΟΠΙΝΑΚΑ}} = \sqrt{I_{\text{ΕΝ}}^2 + I_{\text{ΑΕΡ}}^2} = \sqrt{92.6^2 + 56.49^2} \Rightarrow I_{\text{Π}} = 108.47\text{A}$$

Από τον πίνακα 2 επιλέγουμε διατομή 50 mm²

Συντελεστής ισχύος του πίνακα:

$$\cos j_{\text{ΥΠΟΠΙΝΑΚΑ}} = \frac{I_{\text{ΥΠΟΠΙΝΑΚΑ,ΕΝΕΡΓΗ_ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ}}}{I_{\text{ΥΠΟΠΙΝΑΚΑ}}} = \frac{92.6}{108.47} \Rightarrow \cos j_{\text{ΥΠΟΠΙΝΑΚΑ}} = 0.85$$

Η πτώση τάσης από τον υποπίνακα μέχρι το γενικό πίνακα του χώρου που απέχουν 100 m είναι:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot r \cdot \mathbf{1} \cdot I \cdot \cos j}{S} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0.018 \cdot 100 \cdot 108.47 \cdot 0.85}{50} \Rightarrow \Delta V = 5.75\text{Volt} < 6\text{Volt}$$

Η πτώση τάσης 5.75V είναι μικρότερη από 6 V άρα η διατομή των αγωγών που θα χρησιμοποιήσουμε είναι S=50 mm²

- § Αγωγοί της γραμμής: **5×50mm² J1VV-U**
- § Αυτόματος διακόπτης **125A** με ρύθμιση μαγνητικού στα **1250A**

Υπολογισμός Μετασηματιστών

ΜΣ υποβιβασμού 150kV/20kV

Ένταση βραχυκύκλωσης

$$I_K = \frac{S_k}{\sqrt{3} \times U_{n1}} = \frac{250 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 150 \times 10^3} \Rightarrow I_K = 962.25kA$$

Ονομαστική Ένταση 1^{ος} ΜΣ

$$I_{N1} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{n1}} = \frac{75 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 150 \times 10^3} \Rightarrow I_{N1} = 288.675A$$

Ονομαστική Ένταση 2^{ος} ΜΣ

$$I_{N2} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{n2}} = \frac{75 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 20 \times 10^3} \Rightarrow I_{N2} = 2.165kA$$

Ένταση βραχυκύκλωσης 1^{ος} ΜΣ

$$I_{K1} = \frac{1}{U_K} \times I_{N1} = \frac{1}{0.2} \times 288.675 = 1443.375A$$

Ένταση βραχυκύκλωσης 2^{ος} ΜΣ

$$I_{K2} = \frac{1}{U_K} \times I_{N2} = \frac{1}{0.2} \times 2.165kA = 10.825kA$$

ΜΣ υποβιβασμού 20kV/6.3kV

Ένταση βραχυκύκλωσης

$$I_K = \frac{S_k}{\sqrt{3} \times U_{n1}} = \frac{250 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 20 \times 10^3} \Rightarrow I_K = 7.21kA$$

Ονομαστική Ένταση 1^{ος} ΜΣ

$$I_{N1} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{n1}} = \frac{8 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 20 \times 10^3} \Rightarrow I_{N1} = 230.94A$$

Ονομαστική Ένταση 2^{ος} ΜΣ

$$I_{N2} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{n2}} = \frac{8 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 6.3 \times 10^3} \Rightarrow I_{N2} = 733.143A$$

Ένταση βραχυκύκλωσης 1^{ος} ΜΣ

$$I_{\kappa 1} = \frac{1}{U_{\kappa}} \times I_{N1} = \frac{1}{0.06} \times 230.94 = 3849A$$

Ένταση βραχυκύκλωσης 2^{ος} ΜΣ

$$I_{\kappa 2} = \frac{1}{U_{\kappa}} \times I_{N2} = \frac{1}{0.2} \times 733.143 = 3665.715A$$

ΜΣ υποβιβασμού 6kV/0.4kV

Ένταση βραχυκύκλωσης

$$I_K = \frac{S_k}{\sqrt{3} \times U_{n1}} = \frac{250 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 6 \times 10^3} \Rightarrow I_K = 24kA$$

Ονομαστική Ένταση 1^{ος} ΜΣ

$$I_{N1} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{n1}} = \frac{2 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 6 \times 10^3} \Rightarrow I_{N1} = 192.45A$$

Ονομαστική Ένταση 2^{ος} ΜΣ

$$I_{N2} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{n2}} = \frac{2 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 0.4 \times 10^3} \Rightarrow I_{N2} = 2.88A$$

Ένταση βραχυκύκλωσης 1^{ος} ΜΣ

$$I_{κ1} = \frac{1}{U_{κ}} \times I_{N1} = \frac{1}{0.06} \times 192.45 = 3207.5A$$

Ένταση βραχυκύκλωσης 2^{ος} ΜΣ

$$I_{κ2} = \frac{1}{U_{κ}} \times I_{N2} = \frac{1}{0.06} \times 2.88 = 48A$$

Μέσα προστασίας των Μ/Σ

Ένας Μ/Σ μπορεί να υποστεί βλάβη στις παρακάτω περιπτώσεις

- § Σε παρατεταμένο βραχυκύκλωμα στην πλευρά της Χ.Τ. ή της Μ.Τ.
- § Σε διαρκή υπερφόρτιση
- § Σε σφάλμα στη μόνωση, όπως βραχυκύκλωμα σπειρών και τυλιγμάτων ως προς τη γη

Προστασία από βραχυκυκλώματα

Στην περίπτωση βραχυκυκλώματος, εμφανίζονται υπερεντάσεις και ο Μ/Σ καταπονείται θερμικά. Η ένταση του βραχυκυκλώματος δίνεται από τη σχέση $I_{κ} = \frac{1}{U_{κ}} \times I_{N}$, όπως έχει δειχθεί παραπάνω, όπου $u_{κ}$ είναι η τάση βραχυκύκλωσης η οποία για ΜΣ διανομής από 1000KVA και άνω είναι ίση με 6% ^[13] ενώ για ΜΣ μεταφοράς (150kV/20kV) είναι ίση με 20% ^[14]. Η προστασία επιτυγχάνεται με ασφάλειες σκόνης ή με διακόπτες ισχύος (Δ/Ι). Προτιμώνται οι ασφάλειες γιατί περιορίζουν το ρεύμα βραχυκύκλωσης και είναι φθηνότερες σε σχέση με τους Δ/Ι. Συνδυάζονται αναγκαστικά με διακόπτες φορτίου (Δ/Φ) ούτως ώστε να είναι δυνατή και η απόξευση του φορτίου. Οι Δ/Ι αποτελούν ακριβότερη λύση αλλά οι Η/Ν που περιέχουν μπορούν να ρυθμιστούν μέχρι το δεκαπλάσιο της ονομαστικής έντασης του Μ/Σ.

Προστασία από υπερφόρτιση

Χρησιμοποιούνται θερμομέτρα λαδιού ή θερμίστορ που είναι τοποθετημένα στα τυλίγματα του Μ/Σ. Με αυτά συνεργάζονται αυτόματοι, Δ/Ι και ασφάλειες. Τα θερμομέτρα λαδιού παρακολουθούν τη θερμοκρασία του ανώτερου στρώματος λαδιού. Σε κάθε θερμομέτρο υπάρχουν συνήθως δύο οριακοί δείκτες, ο μπλε για σήμανση και ο κόκκινος για απόξευση. Πάντως τα θερμίστορ παοτελούν την πιο αξιόπιστη λύση.

Προστασία από τα εσωτερικά σφάλματα και από έλλειψη λαδιού με H/N Buchholz

Στους ελαιόψυκτους Μ/Σ μπορούν να ανιχνευθούν με τον H/N Buchholz τα σφάλματα που οδηγούν σε ανάπτυξη αερίων ή σε έντονη ροή λαδιού. Η ανίχνευση δεν διορθώνει το σφάλμα αλλά αποτελεί μια προειδοποίηση για την έγκαιρη απόξευση του Μ/Σ. Ο H/N Buchholz προστατεύει από σφάλματα μόνωσης, βραχυκυκλώματα και από διαρροή λαδιού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΤΑ ΜΕΣΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

3.1 Αυτόματι διακόπτες ισχύος που χρησιμοποιήθηκαν για την προστασία των υποπινάκων

Είναι διακόπτες ισχύος που ανοίγουν αυτόματα σε ένα καθορισμένο χρόνο, εφόσον το ρεύμα υπερβεί μια καθορισμένη τιμή. Σκοπό έχουν την προστασία του εξοπλισμού από υπερβολική θερμοκρασία σε υπερφορτίσεις και από την μηχανική και θερμική καταπόνηση που προκαλούν τα βραχυκυκλώματα.

Παράγονται για ονομαστικά ρεύματα από 100A μέχρι 2000A και είναι χωρισμένοι σε μεγέθη όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες.

Χρησιμοποιούνται σε βιομηχανικούς πίνακες για την προστασία των καλωδίων.

- Για I_n μέχρι 200A είναι εφοδιασμένοι με ρυθμιζόμενα θερμικά και μαγνητικά στοιχεία (thermomagnetic releases).
- Για I_n μεγαλύτερα από 200A είναι εφοδιασμένοι με ηλεκτρονικές μονάδες προστασίας που μας επιτρέπουν να ρυθμίσουμε με ακρίβεια τις χαρακτηριστικές καμπύλες για να πετύχουμε τη σωστή επιλεκτικότητα.



Εικόνα 9: Αυτόματι διακόπτες ισχύος



Εικόνα 10: Οι τρεις παραλλαγές των αυτόματων διακοπών

Στην παραπάνω εικόνα βλέπουμε τις τρεις βασικές παραλλαγές των MCCBs.

- **Σταθερού τύπου (Fixed).** Είναι η πλέον συχνή και προφανώς πιο οικονομική παραλλαγή των MCCBs.
- **Βυσματωτοί (Plug-In).** Ο MCCB αποτελείται δύο μέρη, το κινητό και το σταθερό. Ο τεχνίτης ηλεκτρολόγος, με τη βοήθεια ενός απλού εργαλείου μπορεί να το αφαιρέσει από τη βάση του. Τους συναντάμε σε κρίσιμες βιομηχανικές εγκαταστάσεις όπου δεν επιτρέπεται να διακοπεί η παραγωγή για να αντικαταστήσουμε ένα MCCB.
- **Συρταρωτοί (Withdrawable).** Ο MCCB είναι πάνω σε φορείο και μπορεί να πάρει 3 διακριτές θέσεις, ON-OFF-ISOLATED. Τους συναντάμε σε ειδικές βιομηχανικές εγκαταστάσεις με ειδικές απαιτήσεις για απόλυτη απομόνωση του μηχανήματος που τροφοδοτεί ο MCCB.

Αποτελούνται κυρίως από δύο ή τρία μέρη:

- Το μέρος του διακόπτη ισχύος, δηλαδή τις επαφές με θάλαμο σβέσης .
- Το θερμικό στοιχείο ή τον H/N που δίνει εντολή στον διακόπτη ισχύος να ανοίξει, παρέχοντας προστασία μιας γραμμής ή μιας συσκευής από παρατεταμένη υπερφόρτιση .
- Ενδεχομένως το ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο που δίνει εντολή στο διακόπτη ισχύος να ανοίξει σχεδόν ακαριαία (σε χρόνο 10-100 ms) όταν το ρεύμα υπερβεί μια τιμή. Αυτό λέγεται και στιγμιαίο στοιχείο.

Συχνά οι αυτόματοι συνοδεύονται και από ρελαί υπότασης ή υπέρτασης που δίνουν εντολή πτώσης αν η τάση πέσει π.χ. στο 90% ή ανέβει στο 110%. Αυτά χρησιμοποιούνται σε αυτόματους προστασίας κινητήρων. Ανάλογα με το τι προστατεύουν οι αυτόματοι διακρίνονται σε αυτόματους γραμμών, συσκευών, κινητήρων και διακόπτες ισχύος για εγκαταστάσεις διανομής.^[15]

3.2 Αυτόματοι διακόπτες προστασίας κινητήρων

Οι μικροαυτόματοι διακόπτες προστασίας κινητήρων έχουν χειρισμό δύο μπουτόν (stop-start) και μπορούν να έχουν θερμική και μαγνητική προστασία ή μόνο μαγνητική προστασία με περιστροφικό ή ON-OFF χειριστήριο.



Εικόνα 11: Μικροαυτόματοι Διακόπτες



Εικόνα 12: Μικροαυτόματοι Διακόπτες

Κατασκευάζονται για κινητήρες με ονομαστικό ρεύμα μέχρι 25Α. Χαρακτηριστικά στοιχεία είναι:

- Η ονομαστική τάση λειτουργίας .
- Η ονομαστική ισχύς .
- Η κατηγορία λειτουργίας .
- Η ρύθμιση θερμικής προστασίας .
- Η ρύθμιση μαγνητικής προστασίας. ^[16]

3.3 Θερμικά ρελαί προστασίας κινητήρων

Τα θερμικά είναι μηχανισμοί που χρησιμοποιούνται για την προστασία των κινητήρων από υπερφορτίσεις και όχι από βραχυκυκλώματα για τα οποία πρέπει να υπάρχουν ασφάλειες ή αυτόματοι διακόπτες ισχύος. Τα θερμικά συνδέονται με τα ρελαί ισχύος των κινητήρων και ελέγχουν την λειτουργία τους.



Εικόνα 13: Θερμικά Ρελαί ^[17]

Ο απλό τύπος θερμικού αποτελείται από τρεις επαφές εισόδου, τρία διμεταλλικά ελάσματα, τρεις επαφές εξόδου και τις επαφές ελέγχου 95-96 κλειστή και 95-98 ανοιχτή ή 95-96 κλειστή και 97-98 ανοιχτή. Στο θερμικό επίσης υπάρχουν ο μηχανισμός για την περιοχή ρύθμισης του θερμικού και τα κουμπιά stop, reset.

Χαρακτηριστικά στοιχεία των θερμικών ρελαί είναι η κλάση με βάση το χρόνο διακοπής και η περιοχή ρύθμισης του θερμικού.

Η επιλογή γίνεται με βάση:

- Την κλάση προστασίας .
- Το χρόνο διακοπής .
- Την περιοχή ρύθμισης .
- Την τάση του κυκλώματος ελέγχου .



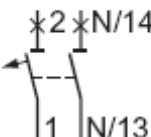
- Την τάση του κυκλώματος ισχύος .
- Την προστασία του από βραχυκυκλώματα .
- Το ρελαί ισχύος με το οποίο μπορεί να συνδεθεί .
- Τη θερμοκρασία περιβάλλοντος .
- Το θερμικό ρεύμα της κλειστής επαφής του βοηθητικού κυκλώματος (μέγιστο διαρκώς επιτρεπόμενο ρεύμα μέσα από την κλειστή επαφή 95-96) .
- Τη δυνατότητα για χειροκίνητο ή αυτόματο reset ή και τα δύο.



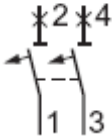

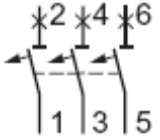

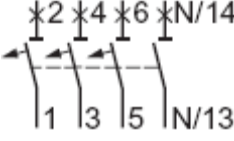
3.4 Μικροαυτόματοι προστασίας γραμμών

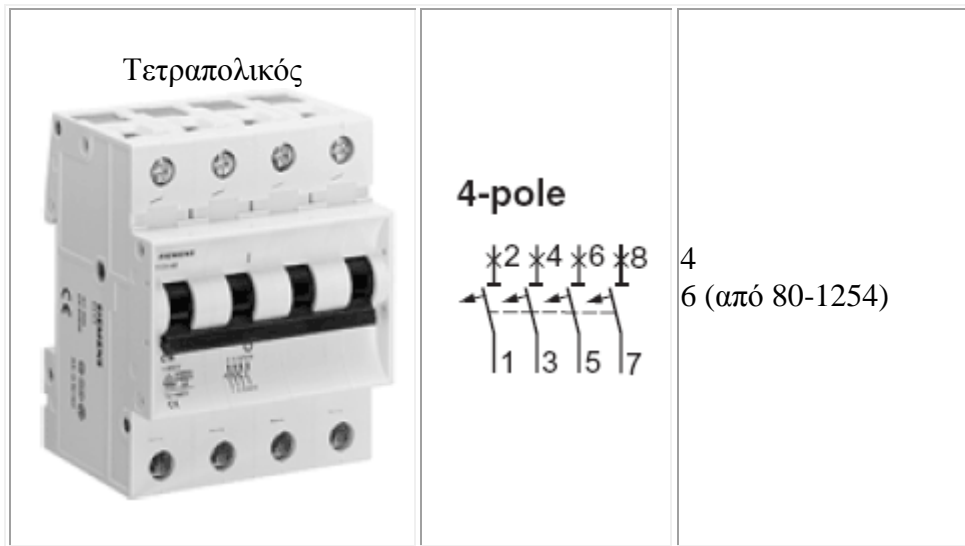
Οι μικροαυτόματοι χρησιμοποιούνται στην αναχώρηση γραμμών για την προστασία τους αφού προσφέρουν:

1. Θερμική προστασία (θερμικό στοιχείο). Σε περίπτωση υπερφόρτισης θερμαίνεται ένα διμεταλλικό στοιχείο, κάμπτεται και διακόπτεται το κύκλωμα .
2. Μαγνητική προστασία (μαγνητικό στοιχείο). Σε περίπτωση βραχυκυκλώματος, ο ηλεκτρομαγνήτης προκαλεί την έλξη του οπλισμού και το άνοιγμα των επαφών του αυτόματου .

Διατίθενται μικροαυτόματοι μονοπολικόι , διπολικόι, τριπολικόι, ή τετραπολικόι, καθώς και με ουδέτερο (1 πόλο + N και 3 πόλους + N).

Είδος και πραγματική μορφή	Σύμβολο	Μονάδες επιφάνειας ME
 Μονοπολικός	1-pole 	1 (μέχρι 63A) 1,5 (από 80-1254)
Μονοπολικός και ουδέτερος	1-pole + N 	2 (μέχρι 63A) 3 (από 80-1254)

		
<p>Διπολικός</p> 	<p>2-pole</p> 	<p>2 3</p>
<p>Τριπολικός</p> 	<p>3-pole</p> 	<p>3 (μέχρι 63A) 45 (από 80-1254)</p>
<p>Τριπολικός και ουδέτερος</p> 	<p>3-pole + N</p> 	<p>4 (μέχρι 63A) 6 (από 80-1254)</p>



Οι μικροαυτόματοι έχουν τυποποιηθεί σύμφωνα με τους κανονισμούς. Τα τυποποιημένα ρεύματα τους είναι 4-63A. κατασκευάζονται σε μονοπολική ή τριφασική μορφή για 230/400V και διακόπτουν τα ίδια ρεύματα για τάσεις 60- 110V DC. Ο χειρισμός τους μπορεί να γίνει χειροκίνητα (κλείσιμο-άνοιγμα), το άνοιγμά τους όμως γίνεται και αυτόματα μέσω εντολής από το θερμικό ή το ηλεκτρομαγνητικό τους στοιχείο.

Τα βασικά μέρη μιας αυτόματης ασφάλειας είναι:

- Η κινητή επαφή
- Η σταθερή επαφή
- Το ελατήριο
- Το θερμικό στοιχείο
- Το ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο
- Ο θάλαμος σβέσης τόξου

Τα χαρακτηριστικά τους στοιχεία είναι:

- Η τάση
- Το ονομαστικό ρεύμα I_N .
- Το μικρό και μεγάλο ρεύμα δοκιμής, αυτά αφορούν κυρίως το θερμικό στοιχείο
- Η ικανότητα διακοπής σε σφάλμα. Χωρίζονται σε τρεις ομάδες με αντίστοιχες ικανότητες διακοπής 3,6-10 A
- Η κλάση περιορισμού ροής του ρεύματος. Οι κλάσεις είναι 1,2,3 .
- Οι χαρακτηριστικές ρεύματος-χρόνου . Οι μικροαυτόματοι έχουν περιορισμένη ικανότητα διακοπής ρευμάτων βραχυκύκλωσης. Αν το ρεύμα βραχυκύκλωσης υπερβαίνει την ικανότητα διακοπής του μικροαυτόματου πρέπει να προταχθεί μια ασφάλεια που μπορεί να είναι από 2-4 βαθμίδες μεγαλύτερη. Η σχέση ρεύματος πτώσης σκανδαλισμού και χρόνου λέγεται χαρακτηριστική. Οι χαρακτηριστικές ονομάζονται A, B, C, O και διαφέρουν στο ηλεκτρομαγνητικό τους στοιχείο. Ειδικότερα η χαρακτηριστική A έχει προβλεφθεί για γραμμές που τροφοδοτούν ημιαγωγούς όπου το ρεύμα που προκαλεί την πτώση είναι τριπλάσιο. Αντί της A μπορεί να χρησιμοποιηθεί η Z. Η χαρακτηριστική B αφορά κυκλώματα κατοικιών, γραφείων όπου δεν τροφοδοτούνται κινητήρες Π.χ. κλιματιστικά. Η C έχει

προβλεφθεί για κυκλώματα συσκευών με υψηλά ρεύματα εκκίνησης όπως κινητήρες, φωτιστικά ισχύος. Η Ο για κυκλώματα συσκευών με πολύ υψηλά κρουστικά ρεύματα όπως Μ/Σ ισχύος, πηνία, πυκνωτές. Αντί της Ο μπορεί να χρησιμοποιηθεί η Κ.

3.5 Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του χρησιμοποιούμενου καλωδίου^[18]



1. Αγωγός.
2. Μόνωση PVC.
3. Εσωτερική επικάλυψη.
4. Εξωτερικός μανδύας.

ΤΥΠΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ: J1W-U (μονόκλωνος στρογγυλός αγωγός)
 J1W-R (πολύκλωνος στρογγυλός αγωγός)
 J1W-S (πολύκλωνος αγωγός κυκλικού τομέα)
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ: 600/1000 V
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ: IEC 60502-1

Χρήσεις

Καλώδια ισχύος για σταθερή εγκατάσταση σε ξηρούς ή υγρούς χώρους στον αέρα ή στο έδαφος.

Χρώματα

ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΟΛΩΝ	ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΕ ΚΙΤΡΙΝΟ/ΠΡΑΣΙΝΟ	ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΧΩΡΙΣ ΚΙΤΡΙΝΟ/ΠΡΑΣΙΝΟ
1	ΚΙΤΡΙΝΟ/ΠΡΑΣΙΝΟ	ΜΑΥΡΟ
2	-	ΜΠΛΕ, ΚΑΦΕ
3	ΚΙΤΡΙΝΟ/ΠΡΑΣΙΝΟ, ΜΠΛΕ, ΚΑΦΕ	ΚΑΦΕ, ΜΑΥΡΟ, ΓΚΡΙ
4	ΚΙΤΡΙΝΟ/ΠΡΑΣΙΝΟ, ΚΑΦΕ, ΜΑΥΡΟ, ΓΚΡΙ	ΜΠΛΕ, ΚΑΦΕ, ΜΑΥΡΟ, ΓΚΡΙ
5	ΚΙΤΡΙΝΟ/ΠΡΑΣΙΝΟ, ΜΠΛΕ, ΚΑΦΕ, ΜΑΥΡΟ, ΓΚΡΙ	ΜΠΛΕ, ΚΑΦΕ, ΜΑΥΡΟ, ΓΚΡΙ, ΜΑΥΡΟ
>5	ΚΙΤΡΙΝΟ/ΠΡΑΣΙΝΟ, ΜΑΥΡΟΙ ΜΕ ΑΡΙΘΜΗΣΗ	ΜΑΥΡΟΙ ΜΕ ΑΡΙΘΜΗΣΗ

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (ΠΕΡΙΠΟΥ)	ΒΑΡΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (ΠΕΡΙΠΟΥ)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΩΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΕ DC ΣΕ 20°C	ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΣΥΝΕΧΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗ		ΠΤΩΣΗ ΤΑΣΗΣ	
				ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	ΣΤΟΝ ΑΕΡΑ	1 ΦΑΣΗ AC ή DC	3 ΦΑΣΕΙΣ AC
mm ²	mm	Kg/Km	Ω/Km	A	A	mV/A/m	mV/A/m
1x1,5	5,5	46	12,1	18	25	29	25
1x2,5	5,9	60	7,41	24	34	18	15
1x4	6,7	80	4,61	32	43	11	9,5
1x6	7,2	100	3,08	41	55	7,3	6,4
1x10	8,3	150	1,83	56	75	4,4	3,8
1x16	9,3	210	1,15	73	100	2,8	2,4
1x25	10,9	315	0,727	99	135	1,75	1,5
1x35	12,0	410	0,524	121	170	1,25	1,1
1x50	13,7	550	0,387	147	205	0,94	0,81
1x70	15,3	755	0,268	185	260	0,65	0,57
1x95	17,5	1030	0,193	230	320	0,49	0,42
1x120	19,0	1255	0,153	267	375	0,4	0,35
1x150	21,0	1545	0,124	306	430	0,34	0,29
1x185	23,3	1925	0,099 1	353	490	0,29	0,25
1x240	26,3	2520	0,075 4	420	590	0,24	0,21
1x300	28,8	3110	0,060 1	485	680	0,21	0,18
1x400	32,4	3970	0,047 0	562	780	0,19	0,17
1x500	35,9	5030	0,036 6	650	880	0,18	0,16
1x630	39,6	6410	0,028 3	746	965	0,17	0,15



καλώδια Βιομ. χρήσεων και εξεγασταστάσεων

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (ΠΕΡΙΠΟΥ)	ΒΑΡΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (ΠΕΡΙΠΟΥ)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΩΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΕ DC ΣΕ 20°C	ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΣΥΝΕΧΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗ		ΠΤΩΣΗ ΤΑΣΗΣ	
				ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	ΣΤΟΝ ΑΕΡΑ	1 ΦΑΣΗ AC ή DC	3 ΦΑΣΕΙΣ AC
mm ²	mm	Kg/Km	Ω/Km	A	A	mV/A/m	mV/A/m
2x1,5	9,5	130	12,10	30	21	29	—
2x2,5	10,3	160	7,41	40	29	18	—
2x4,0	12,0	225	4,61	51	38	11	—
2x6,0	13,0	280	3,08	63	48	7,3	—
2x10	15,1	405	1,83	85	66	4,4	—
2x16	17,1	560	1,15	110	90	2,8	—
2x25	20,2	830	0,727	144	120	1,75	—
2x35	18,4	845	0,524	177	150	1,25	—
2x50	21,4	1135	0,387	201	180	0,94	—
2x70	24,2	1565	0,268	249	230	0,65	—
2x95	27,5	2125	0,193	297	280	0,49	—
2x120	30,1	2585	0,153	336	320	0,40	—
2x150	32,0	3150	0,124	374	360	0,34	—
2x185	36,6	3970	0,0991	436	405	0,29	—
2x240	42,3	5215	0,0754	488	470	0,24	—
2x300	45,0	6420	0,0601	546	550	0,21	—
3x1,5	9,6	145	12,10	24	18	29	25
3x2,5	10,4	185	7,41	32	25	18	15
3x4,0	12,3	270	4,61	40	34	11	9,5
3x6,0	13,4	340	3,08	50	44	7,3	6,4
3x10	15,7	510	1,83	67	60	4,4	3,8
3x10+1,5	15,7	510	1,83	67	60	4,4	3,8
3x16	18,2	735	1,15	87	80	2,8	2,4
3x25	21,6	1110	0,727	114	105	1,75	1,5
3x35	21,3	1225	0,524	135	130	1,25	1,1
3x50	24,9	1650	0,387	161	160	0,94	0,81
3x70	28,6	2300	0,268	201	200	0,65	0,57
3x95	32,5	3130	0,193	240	245	0,49	0,42
3x120	35,8	3815	0,153	274	285	0,40	0,35
3x150	38	4650	0,124	309	325	0,34	0,29
3x185	43,6	5865	0,0991	348	370	0,29	0,25
3x240	50,5	7710	0,0754	404	435	0,24	0,21
3x300	54	9525	0,0601	452	500	0,21	0,18
4x1,5	10,4	170	12,10	21	18	—	25
4x2,5	11,3	220	7,41	28	25	—	15
4x4,0	13,4	325	4,61	36	34	—	9,5
4x6,0	14,6	415	3,08	45	44	—	6,4
4x10	17,2	625	1,83	60	60	—	3,8
4x16	19,9	910	1,15	77	80	—	2,4
4x25	23,7	1385	0,727	101	105	—	1,5
4x35	23,5	1600	0,524	120	130	—	1,1
4x50	27,8	2170	0,387	143	160	—	0,81
4x70	31,9	3030	0,268	179	200	—	0,57
4x95	36,4	4130	0,193	214	245	—	0,42
4x120	40,4	5050	0,153	244	285	—	0,35
4x150	42,8	6160	0,124	275	325	—	0,29
4x185	49,1	7765	0,0991	310	370	—	0,25
4x240	56,9	10210	0,0754	360	435	—	0,21
3x25+16	22,8	1265	0,727/1,15	101	105	—	1,5
3x35+16	23,5	1410	0,524/1,15	120	130	—	1,1
3x50+25	28,2	1955	0,387/0,727	143	160	—	0,81

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (ΠΕΡΙΠΟΥ)	ΒΑΡΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (ΠΕΡΙΠΟΥ)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΩΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΕ DC ΣΕ 20°C	ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΣΥΝΕΧΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗ		ΠΤΩΣΗ ΤΑΣΗΣ	
				ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	ΣΤΟΝ ΑΕΡΑ	1 ΦΑΣΗ AC ή DC	3 ΦΑΣΕΙΣ AC
mm ²	mm	Kg/Km	Ω/Km	A	A	mV/A/m	mV/A/m
3x70+35	31,9	2685	0,268/0,524	179	200	—	0,57
3x95+50	36,8	3675	0,193/0,387	214	245	—	0,42
3x120+70	41,0	4570	0,153/0,268	244	285	—	0,35
3x150+70	43,0	5405	0,124/0,268	275	325	—	0,29
3x185+95	49,2	6895	0,0991/0,193	310	370	—	0,25
3x240+120	56,5	8970	0,0754/0,153	356	435	—	0,21
5x1,5	11,2	195	12,10	18	18	—	25
5x2,5	12,2	260	7,41	24	25	—	15
5x4,0	14,6	385	4,61	30	34	—	9,5
5x6,0	15,9	495	3,08	38	44	—	6,4
5x10	18,9	760	1,83	50	60	—	3,8
5x10+1,5	18,9	760	1,83	50	60	—	3,8
5x16	21,8	1105	1,15	65	80	—	2,4
5x16+1,5	21,8	1105	1,15	65	80	—	2,4
4x25+16+2,5	26,0	1670	0,727/1,15	86	105	—	1,5
5x25	26,0	1670	0,727	86	105	—	1,5
5x25+2,5	26,0	1685	0,727	86	105	—	1,5
7x1,5	12,1	220	12,10	—	—	—	25
10x1,5	15,0	305	12,10	—	—	—	25
12x1,5	16,6	415	12,10	—	—	—	25
16x1,5	17,1	445	12,10	-25	—	—	—
21x1,5	18,9	560	12,10	-25	—	—	—
24x1,5	20,9	635	12,10	-25	—	—	—
7x2,5	13,8	310	12,10	-15	—	—	—
10x2,5	16,6	415	7,41	-15	—	—	—
12x2,5	17,1	480	7,41	-15	—	—	—
16x2,5	18,9	615	7,41	-15	—	—	—
21x2,5	21,0	780	7,41	-15	—	—	—
24x2,5	23,2	890	7,41	-15	—	—	—

ΜΕΓΙΣΤΗ ΣΥΝΕΧΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΓΩΓΟΥ: 70° C

Ένταση Φόρτισης

Οι παρακάτω εντάσεις φόρτισης δίνονται για θερμοκρασία περιβάλλοντος 30° C στον αέρα ή - για τοποθέτηση στο έδαφος - 0,5m βάθος τοποθέτησης, 20° C θερμοκρασία εδάφους και 1,0 K.m/W θερμική αντίσταση εδάφους. Τα μονοφασικά καλώδια τοποθετούνται σε τριγωνική διάταξη. Για άλλες συνθήκες ισχύουν οι συντελεστές διόρθωσης:

Θερμοκρασία °C	15	20	25	30	35	40	45	50
Συντελεστής διόρθωσης	1,17	1,12	1,06	1,0	0,94	0,87	0,79	0,71

Θερμοκρασία εδάφους °C	15	20	25	30	35	40
Συντελεστής διόρθωσης	1,05	1,0	0,95	0,89	0,84	0,77

Θερμική αντίσταση εδάφους K.m/W	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0
Συντελεστής διόρθωσης	1,05	1,0	0,93	0,84	0,75	0,67	0,62

Βάθος τοποθέτησης m	0,50	0,60	0,80	1,0	1,25	1,50	1,75
Συντελεστής διόρθωσης	1,0	0,97	0,95	0,93	0,91	0,90	0,88

Η επιτρεπόμενη ένταση φόρτισης εξαρτάται από τον αριθμό των φορτιζόμενων αγωγών.

Αριθμός φορτιζόμενων αγωγών	5	7	10	12	14	16	19	24	40
Συντελεστής μείωσης	0,75	0,65	0,55	0,53	0,50	0,48	0,45	0,40	0,35

Λαμβανόμενη αρχική φόρτιση για το έδαφος και τον αέρα

	έδαφος	αέρας
1.5 mm ²	24A	18A
2.5 mm ²	32A	25A

Σημείωση :

Οι αγωγοί 1.5-2.5-4-6 mm² είναι συνήθως μονόκλωνοι στρογγυλοί. Οι αγωγοί 10-16-25 mm² είναι πολύκλωνοι στρογγυλοί. Οι μεγαλύτεροι αγωγοί είναι πολύκλωνοι κυκλικού τομέα.



καλώδια Βιομ. χρήσεων και εξ.εγκαταστάσεων

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] http://oil-evolution.blogspot.gr/2007/10/blog-post_2582.html
- [2] <http://jkalternativeviewpoint.com/jkalternate/?p=717>
- [3] http://oil-evolution.blogspot.gr/2007/10/blog-post_6118.html
- [4] http://www.elinyae.gr/el/lib_file_upload/petrelaia1_381.1232966803312.pdf
- [5] http://ediktiomenoi.blogspot.gr/2012/10/blog-post_1.html
- [6] <http://www.slideboom.com/presentations/622637/%CE%95%CE%A0%CE%95%CE%9E%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%91%CE%A3%CE%99%CE%91%CE%A4%CE%9F%CE%A5%CE%91%CE%A1%CE%93%CE%9F%CE%A5%CE%A0%CE%95%CE%A4%CE%A1%CE%95%CE%9B%CE%91%CE%99%CE%9F%CE%A5>
- [7] http://eprints.teiwm.gr/103/1/GEWPE9_2009.pdf
- [8] http://en.citizendium.org/wiki/Continuous_distillation
- [9] <http://www.oedd.gr/pdf/propane.pdf>
- [10] <http://www.chemeng.ntua.gr/courses/fueltech/files/Vapor%20Pressure%20Lab.pdf>
- [11] <http://poseidon.library.tuc.gr/artemis/DT2012-0178/DT2012-0178.pdf>
- [12] <http://vioipos.weebly.com/uploads/3/2/2/7/3227605/mazout.pdf>
- [13] <http://www.deddie.gr/Documents2/DIAVOULEYSEIS/DD%20TRIFASIKOI%20MS%20DIANOMHS/%CE%A4%CE%A0%20%CE%9C%CE%A3%20%CE%94%CE%99%CE%91%CE%9D%CE%9F%CE%9C%CE%97%CE%A3%202014.pdf>
- [14] <http://sfhmmmy3.sfhmmmy.gr/cd/data/p2.pdf>
- [15] <http://www.tisoft.com/el/support/help/electrical/knowledgebase/lowvoltage/circuit-breakers>
- [16] [http://www.ti-soft.com/el/support/help/electrical/knowledgebase/lowvoltage/protection_materials/panelcad_diakoptes_isxuos\(cb\)](http://www.ti-soft.com/el/support/help/electrical/knowledgebase/lowvoltage/protection_materials/panelcad_diakoptes_isxuos(cb))
- [17] http://ilektroaytomatismoi.blogspot.gr/2014/09/blog-post_4.html
- [18] <http://www.cablel.gr/>