



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ & ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

«ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ ΙΣΧΥΟΣ»



Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Σταύρος Καμινάρης, Αναπληρωτής Καθηγητής
Σπουδαστής: Στάμου Νικόλαος AM: 41496

ΑΙΓΑΛΕΩ

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2018

Copyright © Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 – Μετασχηματιστές ισχύος	4
1.1 Γενικά	4
1.1.1 Χαρακτηριστικά Μετασχηματιστών Ισχύος	7
1.2 Συντήρηση μετασχηματιστών ισχύος	11
1.3 Βλάβες σε μετασχηματιστές ισχύος	23
1.3 Μόνωση και ψύξη μετασχηματιστών ισχύος	24
1.4 Θόρυβος μετασχηματιστών ισχύος	25
1.5 Απόδοση μετασχηματιστών ισχύος	25
1.6 Μετασχηματιστές ελαίου	26
1.7 Μετασχηματιστές ξηρού τύπου	33
Κεφάλαιο 2 – Παράγοντες που συμβάλλουν στην ρύπανση των μετασχηματιστών ισχύος.	37
2.1 Σύστημα μόνωσης χαρτιού – ελαίου	37
2.1.1 Μόνωση χαρτιού	37
2.1.1.1 Χαρτί κυτταρίνης	37
2.1.1.2 Θερμικά αναβαθμισμένο χαρτί.....	37
2.1.1.3 Pressboard	37
2.1.2 Μονωτικά υγρά	38
2.1.3 Προέλευση μονωτικών ελαίων και κατάταξη αυτών σε κατηγορίες.....	39
2.1.4 Χρησιμότητα μονωτικών ελαίων στους μετασχηματιστές	40
2.2 Βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα του ελαίου	41
2.2.1 Φθορά των μονωτικών ελαίων	41
2.2.2 Επίδραση της υγρασίας στο λάδι.....	41
2.2.3 Επίδραση του οξυγόνου στο λάδι.....	42
2.2.4 Επίδραση της θερμοκρασίας στο λάδι.....	42

2.2.5 Επίδραση ξένων σωματιδίων στο λάδι ... Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.	
2.2.6 Επίδραση των φυσαλίδων αέρα ή αερίων στο λάδι..... Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.	
2.3 Καθαρισμός των ελαίων.....	42
Κεφάλαιο 3 – Κανονισμοί σχετικοί με τους μετασχηματιστές και όρια για λάδια μετασχηματιστών σε λειτουργία	44
3.1 Γενικά σχετικά με τους ευρωπαϊκούς κανονισμούς και διαδικασία καθιέρωσης κανονισμού	44
3.2 Οι σχετικοί με τους μετασχηματιστές κανονισμοί.....	45
3.3 Τιμές βασικών χαρακτηριστικών λαδιών μετά την πλήρωση του μετασχηματιστή (20kV/0,4kV) με λάδι πριν την ηλεκτρίση του	45
3.4 Όρια για μονωτικά λάδια μετασχηματιστών σε λειτουργία.....	47
3.5 Συνιστώμενα όρια για τα κύρια χαρακτηριστικά του λαδιού	53
3.6 Χρονικά διαστήματα μεταξύ δύο επιθεωρήσεων	53
3.7 Αναθεώρηση των κανονισμών	54
Κεφάλαιο 4 – Περιγραφή διαδικασίας δειγματοληψίας – μετρήσεων & παράθεση αποτελεσμάτων μετρήσεων δειγμάτων	55
4.1 Μέθοδος δειγματοληψίας	55
4.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων μετρήσεων των δειγμάτων.....	56
4.2.1 Προσδιορισμός πλήθος και είδος δειγμάτων	56
Βιβλιογραφία	87

Κεφάλαιο 1 – Μετασηματιστές ισχύος

1.1 Γενικά

Είναι γνωστό ότι η ενέργεια αποτελεί ζωτικό κοινωνικό αγαθό και επί πλέον, αποτελεί κύριο συντελεστή κάθε ανθρώπινης δραστηριότητας. Ο μετασηματιστής είναι μηχάνημα υψηλής απόδοσης [99,99%] και αξιοπιστίας. με διάρκεια προσδόκιμης ωφέλιμης ζωής 30-40 χρόνια, υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας. Στην πραγματικότητα, μεγάλος αριθμός μετασηματιστών βρίσκεται σε λειτουργία επί 50-60 χρόνια, τόσο στο εξωτερικό, όσο και στην χώρα μας, χωρίς να υπάρχει κάποιο άμεσο πρόβλημα. Η έκταση αντικατάστασης εξοπλισμού παγκοσμίως είναι πολύ μικρή. Το 93% των χρηστών έχει αντικαταστήσει λιγότερο από το 10% του εξοπλισμού. Το 70% έχει αντικαταστήσει λιγότερο από το 5% του εξοπλισμού.

Η διαχείριση της ζωής των μετασηματιστών αποτελεί μια πρόκληση και αποτελεί ζήτημα μεγάλης πολυπλοκότητας. Η κατάσταση μπορεί να καταστεί κρίσιμη στην περίπτωση μεγάλης βλάβης, η οποία συνεπάγεται άμεσες επιπτώσεις και έμμεσες [διακοπές σε παραγωγικές διαδικασίες, η διακοπές σε διαδικασίες παροχών υπηρεσιών] καθώς και περιβαλλοντικές επιπτώσεις [διασκορπισμός επικίνδυνων υλικών].

Γενικά :

- 1) Το σύνολο των μεθόδων, οι οποίες εμφανίζονται κατά τις μετρήσεις διέπονται από αβεβαιότητες για πολλούς λόγους, αλλά και διότι τα μετρούμενα μεγέθη βρίσκονται σε δυναμική κατάσταση. Παράδειγμα, η περιεχόμενη στο λάδι μετασηματιστή υγρασία. Αυτή συνεχώς «μεταναστεύει» από το λάδι στο χαρτί και από το χαρτί στο λάδι. Επίσης, παραμένουν αβεβαιότητες στην εξαγωγή συμπερασμάτων για τις βλάβες σε μετασηματιστές.
- 2) Το σύνολο των μεθόδων εκτίμησης της κατάστασης της μόνωσης δεν διεκδικεί να προβλέψει ένα ορισμένο χρόνο μετά τον οποίο η μόνωση θα αχρηστευθεί, αλλά επιδιώκει να αποκαλύψει την αυξημένη πιθανότητα βλάβης και την αντίστοιχη μείωση της αξιοπιστίας. Όταν η αξιοπιστία έχει μειωθεί, η ωφέλιμη ζωή της μόνωσης έχει σίγουρα τελειώσει.

Οι λειτουργικές συνθήκες των μετασηματιστών ανύψωσης της τάσης, όπως είναι οι μετασηματιστές των γεννητριών, είναι διαφορετικές από τις αντίστοιχες των μετασηματιστών υποβιβασμού της τάσης. Ως εκ τούτου, υπάρχουν ειδικές απαιτήσεις θερμικής λειτουργίας από την άποψη της γήρανσης ή της υπερφόρτισης. Για τους μετασηματιστές γεννητριών [λειτουργία με φορτία ίσα με την ονομαστική ισχύ], ο χρήστης ενδιαφέρεται για τη γήρανση και την αξιοπιστία.

- 3) Η χρησιμοποίηση συστημάτων συντήρησης και προστασίας πρέπει να αποσκοπούν στα εξής:
- α. Ανιχνευτική συντήρηση και διαγνωστική μέσω αναλύσεων και ανακάλυψης PCB' s.
 - β. Αφαίρεση της μόλυνσης του λαδιού, ώστε να επανακτηθούν οι ιδιότητες του λαδιού
 - γ. Αφαίρεση αλογόνων και τοξικών ουσιών από το λάδι και το μετασχηματιστή, όταν υπάρξει τέτοια μόλυνση.
- 4) Η διαγνωστική έχει άμεση σχέση με την επίτευξη αξιοπιστίας της λειτουργίας του εξοπλισμού. Η αποτελεσματική διάγνωση προϋποθέτει κατάλληλες μεθόδους και συσκευές μέτρησης επιλεγμένων χαρακτηριστικών μεγεθών, οι οποίες να διαθέτουν την υψηλότερη δυνατή ακρίβεια.



1.1.1 Χαρακτηριστικά Μετασχηματιστών Ισχύος

Συνδεσμολογία τυλίγμάτων του μετασχηματιστή ισχύος

Στην περίπτωση ενός Μ/Σ ισχύος έχουμε δύο τριφασικά συστήματα, ένα στην πλευρά της μέσης και ένα στην πλευρά της χαμηλής τάσης. Για να μπορέσουμε να χαρακτηρίσουμε τη συνδεσμολογία κάθε πλευράς του Μ/Σ και ταυτόχρονα και τη φασική διαφορά μεταξύ των δύο πλευρών, χρησιμοποιούμε τα γράμματα D και Y σε συνδυασμό με έναν αριθμό από το 1 ως το 12.

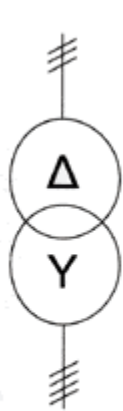
Όπως φαίνεται στην εικόνα δ, η συνδεσμολογία των Μ/Σ είναι συνήθως Dyn5 ή Dyn 11.

Παρακάτω αναλύεται η σημασία του κάθε γράμματος-αριθμού:

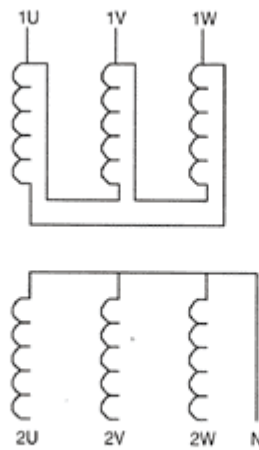
- Το πρώτο κεφαλαίο γράμμα D σημαίνει ότι τα τρία τυλίγματα στην πλευρά των 20 kV είναι συνδεδεμένα σε τρίγωνο.
- Το δεύτερο μικρό γράμμα γ σημαίνει ότι τα τρία τυλίγματα στην πλευρά των 400 V είναι συνδεδεμένα σε αστέρα. Για να δηλώσουμε ότι είμαστε στη χαμηλή τάση το γράφουμε μικρό γ.
- Το τρίτο μικρό γράμμα η σημαίνει ότι στην πλευρά χαμηλής τάσης υπάρχει ακροδέκτης ουδετέρου (neutral)
- Ο τέταρτος αριθμός δείχνει τη φασική διαφορά μεταξύ των διανυσμάτων των τάσεων της ίδιας φάσης στην πλευρά μέσης και της χαμηλής τάσης. Αν το διάνυσμα τάσης της μέσης τάσης (1 V) το θεωρήσουμε ότι είναι στη θέση 12 του ρολογιού, τότε το αντίστοιχο διάνυσμα της χαμηλής τάσης (2 V) είναι στην «ώρα 5». Συνεπώς η γωνία μεταξύ των διανυσμάτων 1V και 2V είναι $5 \times 30 = 150^\circ$.

Σημειώνουμε ότι ικανή και αναγκαία συνθήκη για να μπορέσουν δύο Μ/Σ να λειτουργήσουν παράλληλα (να παραλληλιστούν) είναι:

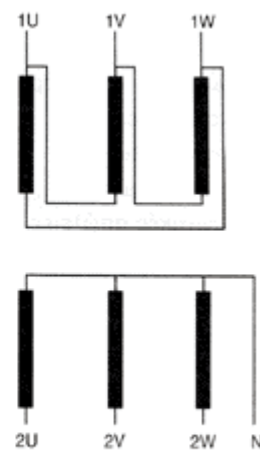
- να έχουν τον ίδιο λόγο μετασχηματισμού π.χ 20/0,4 kV
- να έχουν την ίδια συνδεσμολογία, π.χ Dyn5
- να μη διαφέρουν σημαντικά οι ονομαστικές σχέσεις τους. (1)



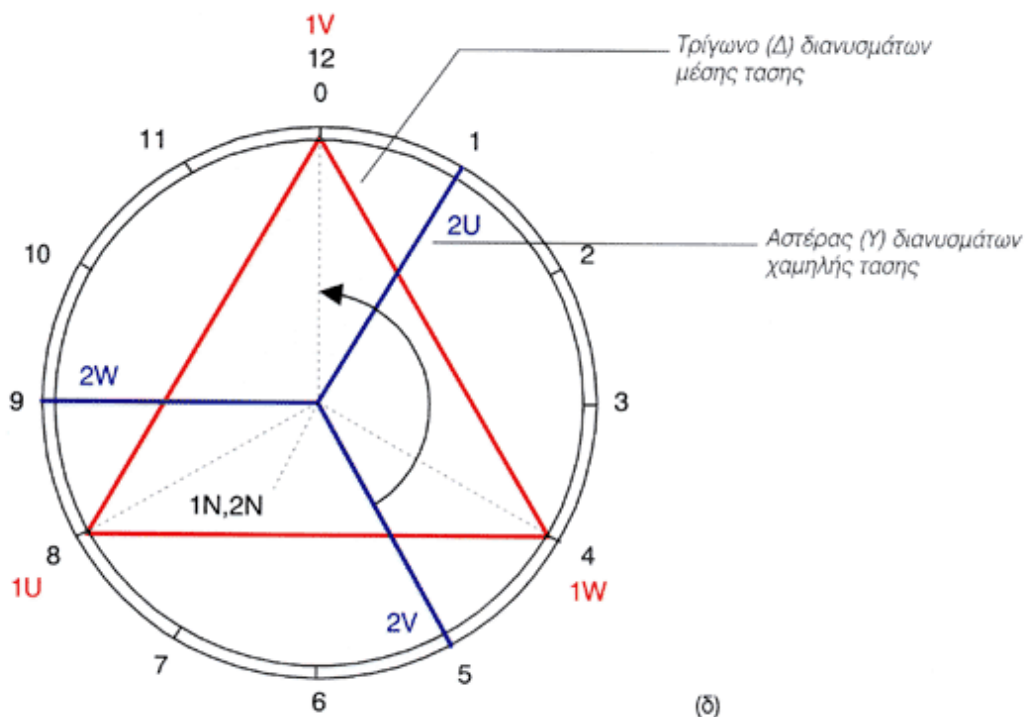
(α)



(β)



(γ)



(δ)

Συχνότητα του μετασχηματιστή ισχύος

Η συχνότητα λειτουργίας των μετασχηματιστών είναι 50Hz ή 60Hz ανάλογα με τη συχνότητα του δικτύου. Παρατηρείτε ότι στην περίπτωση που η μέγιστη μαγνητική ροή διατηρείται σταθερή, το πλάτος της τάσης είναι αντίστροφος ανάλογο της συχνότητας.

Υψόμετρο εγκατάστασης (m) μετασχηματιστή ισχύος

Η τιμή της ονομαστικής ισχύος του μετασχηματιστή ισχύει για υψόμετρο εγκατάστασης 1000m. Για υψόμετρα μεγαλύτερα των 1000m η ισχύς μειώνεται ανά 3%/km.

Ονομαστική ισχύς του μετασχηματιστή ισχύος

Ως ονομαστική ισχύς ενός μετασχηματιστή ορίζουμε το γινόμενο $P_n = U_n \cdot I_n \cdot \sqrt{3}$, όπου P_n η ονομαστική ισχύς, U_n η ονομαστική (πολική) τάση, I_n το ονομαστικό ρεύμα του μετασχηματιστή. Ως μονάδα μέτρησης της ονομαστικής ισχύς χρησιμοποιούμε το VA

Τάση βραχυκύκλωσης μετασχηματιστή ισχύος

Ονομάζουμε τάση βραχυκύκλωσης (u_k) την τάση που πρέπει να εφαρμόσουμε στο πρωτεύον τύλιγμα του Μ/Σ ώστε να έχουμε, με βραχυκυκλωμένο το δευτερεύον, το ονομαστικό ρεύμα στο δευτερεύον τύλιγμα. Η τάση αυτή δίνεται ως ποσοστό επί τοις εκατό (%) της ονομαστικής τάσης του πρωτεύοντος, και έτσι έχουμε την ονομαστική τάση βραχυκύκλωσης (u_k).

Η τάση βραχυκύκλωσης μας επιτρέπει να προσδιορίσουμε την εσωτερική σύνθετη (ωμική + επαγωγική) αντίσταση του Μ/Σ που είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό της στάθμης του ρεύματος βραχυκυκλώματος (I_k) στην πλευρά χαμηλής τάσης του Μ/Σ.

Η γνώση της τιμής το ρεύματος βραχυκυκλώματος στην πλευρά χαμηλής τάσης του Μ/Σ είναι πολύ σημαντική, διότι με βάση αυτή την τιμή πρέπει να επιλέξουμε τον εξοπλισμό χαμηλής τάσης (διακόπτες ισχύος κ.λπ.) όσο αφορά την αντοχή του σε βραχυκύκλωμα.

Ρεύμα βραχυκύκλωσης

Ρεύμα βραχυκύκλωσης $i_{2,\beta}$ είναι εκείνο για το οποίο $V_2 = 0$. Είναι ρεύμα επικίνδυνο για τον μετασχηματιστή για περισσότερο του 1-2min. Αφού για έναν συγκεκριμένο μετασχηματιστή το λ έχει συγκεκριμένη τιμή και προφανώς η μέση ισχύς $P_2 = V_{2,\epsilon\nu} \cdot i_{2,\epsilon\nu}$ που παίρνουμε στο πηνίο 2, όσο θα μεγαλώνει το $i_{2,\epsilon\nu}$ θα μικραίνει το V_2 και αντίστροφα.

Θερμοκρασία περιβάλλοντος °C

Η ονομαστική ισχύς του μετασχηματιστή υπολογίζεται για μέση ημερησία θερμοκρασία περιβάλλοντος ίση με 30°C και μέση ετήσια θερμοκρασία περιβάλλοντος ίση με 20°C. Για μεγαλύτερες θερμοκρασίες περιβάλλοντος, η ισχύς του μετασχηματιστή μειώνεται κατά 15%, περίπου ανά 10°C ανύψωσης της θερμοκρασίας του αέρα του περιβάλλοντος.

Τυλίγματα πρωτεύον και δευτερεύον

Ένας μετασχηματιστής αποτελείται από δύο πηνία, το πρωτεύον και το δευτερεύον, τα οποία είναι τυλιγμένα γύρω από έναν σιδερένιο πυρήνα και είναι και ηλεκτρικά μονωμένα μεταξύ τους. Ο πυρήνας σιδήρου γύρω από τον οποίο είναι τυλιγμένα τα δύο πηνία εξασφαλίζει ότι οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί το πρωτεύον θα περάσουν από το δευτερεύον. Οπότε με την προϋπόθεση ότι δεν υπάρχει απώλεια μαγνητικών γραμμών, η ροή Φ του μαγνητικού πεδίου θα είναι ίδια και για τα δύο πηνία και προφανώς ίδια θα είναι και η μεταβολή $d\Phi/dt$ της μαγνητικής ροής.

Λόγω της μεταβολής της ροής Φ αναπτύσσεται στο ίδιο το πρωτεύον μία τάση από επαγωγή (φαινόμενο αυτεπαγωγής) $E' 1$ ίση και αντίθετη της E_1 . Αν N_1 και N_2 είναι ο αριθμός σπειρών του πρωτεύοντος και του δευτερεύοντος πηνίου αντίστοιχα τότε (σε απόλυτη τιμή) $E_1 = N_1 d\Phi/dt$ και $E_2 = N_2 d\Phi/dt$ (3) Διαιρώντας κατά μέλη παίρνουμε: $E_1/E_2 = N_1/N_2$ (4) Ο λόγος $\lambda = N_1/N_2$ (5) ονομάζεται λόγος μετασχηματισμού. Αν $\lambda > 1$ τότε $E_1 > E_2$ και ο μετασχηματιστής υποβιβάζει την τάση.

Ονομαστική τάση

Ονομαστική τάση εισόδου πρωτεύοντος είναι η τάση για την οποία έχει σχεδιαστεί να λειτουργεί ο μετασχηματιστής, και καθορίζει τη βασική στάθμη μόνωσης του, αυτό ορίζεται από της διεθνείς προδιαγραφές (IEC 76). Αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό του μετασχηματιστή διότι δείχνει την ικανότητα του να αντέχει της υπερτάσεις που εμφανίζονται στο δίκτυο. Ονομαστική τάση εξόδου δευτερεύοντος είναι η τάση στους ακροδέκτες του δευτερεύοντος χωρίς φορτίο και υπό ονομαστική τάση εισόδου και ονομαστική τάση.

Ρεύμα λειτουργιάς εν κενώ

Ρεύμα λειτουργιάς εν κενώ αντιπροσωπεύει την τιμή του ρεύματος που απορροφά ο μετασχηματιστής όταν στο πρωτεύον εφαρμόζεται η ονομαστική τάση και στο δευτερεύον δεν υπάρχει φορτίο. Το ρεύμα κενής λειτουργιάς εκφράζεται σαν ποσοστό της μέσης τιμής του ονομαστικού ρεύματος.

1.2 Συντήρηση μετασχηματιστών ισχύος

Η ετήσια συντήρηση Μετασχηματιστών Ισχύος περιλαμβάνει κατ ελάχιστο τις παρακάτω εργασίες:

- Έλεγχος στάθμης ελαίου Μετασχηματιστή (Για Μετασχηματιστές ελαίου)
- Έλεγχος διαρροής ελαίου Μετασχηματιστή (Για Μετασχηματιστές ελαίου)
- Έλεγχος κατάστασης κελύφους Μετασχηματιστή (Για Μετασχηματιστές ελαίου)
- Αντικατάσταση silica gel Μετασχηματιστή (Για Μετασχηματιστές ελαίου)
- Εξαερισμός από σώμα και μονωτήρες (Για Μετασχηματιστές ελαίου)
- Δειγματοληψία ελαίου για έλεγχο διηλεκτρικής αντοχής (Για Μετασχηματιστές ελαίου)
- Έλεγχος ρητίνης Μετασχηματιστή και μαγνητικού πυρήνα (Για Μετασχηματιστές ξηρού τύπου)
- Καθαρισμός εσωτερικού πηνίων Μετασχηματιστή (Για Μετασχηματιστές ξηρού τύπου)
- Έλεγχος και συντήρηση των ακροκιβωτίων των καλωδίων μέσης τάσης
- Έλεγχος και καθαρισμός των καλωδίων μέσης και χαμηλής τάσης στο χώρο των Μετασχηματιστών
- Έλεγχος και συντήρηση των μονωτήρων του Μετασχηματιστή
- Έλεγχος θερμοκρασίας
- Έλεγχος εξαερισμού χώρου Μετασχηματιστή
- Έλεγχος ελαιολεκάνης για τυχόν διαρροές (Για Μετασχηματιστές ελαίου)
- Έλεγχος εδράσεις Μετασχηματιστή
- Εξωτερικός καθαρισμός του Μετασχηματιστή
- Έλεγχος μονώσεων Μετασχηματιστή με MEGGER 5.000 ή 10.000 V
- Έλεγχος συστημάτων προστασίας Μετασχηματιστή και δοκιμή σωστής λειτουργίας
- Μέτρηση γειώσεων ουδέτερου κόμβου Μετασχηματιστή και μεταλλικών μερών
- Έλεγχοι συσφίξεων
- Μέτρηση μονώσεων Μετασχηματιστή
- Μέτρηση αντιστάσεων Μετασχηματιστή (πηνία Μετασχηματιστών και Χ.Τ)
- Μέτρηση μονώσεων καλωδίων μέσης τάσης
- Γενικός καθαρισμός του χώρου του Μετασχηματιστή και περιβάλλοντα χώρο

ΔΙΑΓΝΩΣΗ

Διάγνωση λέγεται η αναγνώριση ορισμένης υποβάθμισης ή σφάλματος ή ελαττωματικής λειτουργίας και η διάκριση της από οποιοσδήποτε άλλες. Αυτή στηρίζεται στη λεπτομερή εξέταση των συμπτωμάτων (από καταπονήσεις ή από χειροτέρευση κανονική ή επιταχυνόμενη). Στη συνέχεια καθορίζονται ο τύπος, το είδος, η ένταση και η φύση του κάθε συμπτώματος και συγκρίνονται τα δεδομένα από μετρήσεις, αναλύσεις με τα συμπτώματα μιας υποβάθμισης ή σφάλματος ή ελαττωματικής λειτουργίας, τα οποία εμφανίζουν ανάλογης εικόνα. Μέσω της σύγκρισης, η οποία εκτελείται με κάθε λεπτομέρεια, γίνεται η διαφορική διάγνωση από την οποία εξάγεται ασφαλές συμπέρασμα, σχετικά με την απομόνωση της υποβάθμισης ή του σφάλματος ή του ελαττώματος.

Διαγνωστική είναι η εμπειρία και το σύνολο των γνώσεων για τη διάγνωση της υποβάθμισης ή του σφάλματος. Η Διαγνωστική έχει σκοπό τη διάκριση διάφορων μη κανονικών καταστάσεων. Πραγματεύεται τον καθορισμό σταθερών σχέσεων μεταξύ υποβάθμισης ή σφάλματος αφενός και συμπτωμάτων αφετέρου και έτσι επιτυγχάνει να διακρίνει τις διάφορες μη κανονικές καταστάσεις του εξοπλισμού.

Διαγνωστική μελέτη είναι η μελέτη προσδιορισμού μη κανονικών καταστάσεων, οι οποίες συμβαίνουν σε ένα μηχάνημα, με βάση το συνδυασμό των αποτελεσμάτων των μετρήσεων επί τόπου και των αναλύσεων στο εργαστήριο, οι οποίες αφορούν στο εν λόγω μηχάνημα. Σκοπός της διαγνωστικής μελέτης είναι η διάγνωση των μη κανονικών καταστάσεων και τα προτεινόμενα μέτρα για την αποκατάσταση ασφαλούς και οικονομικής λειτουργίας τους μηχανήματος.

Η εμπειρία από τις εκπονηθείσες μελέτες μας οδηγεί στα παρακάτω:

- 1) Εκείνος ο οποίος θα εκπονήσει τη διαγνωστική μελέτη, ενδείκνυται ο ίδιος να είναι ο υπεύθυνος της εκλογής και της εκτέλεσης των μετρήσεων. Με αυτόν τον τρόπο τυχόν ασυμβατότητες στα αποτελέσματα, τα οποία οδηγούν στην επανάληψη μετρήσεων να επιβαρύνουν τον εντολέα της μελέτης.
- 2) Η εκπόνηση της μελέτης θα στηριχθεί σε ιστορικά στοιχεία, τα οποία θα διαθέσει ο εντολέας. Αν δεν υπάρχουν ιστορικά στοιχεία, πρέπει να έχει βάση δεδομένων ο μελετητής.
- 3) Η μελέτη θα καταλήξει σε προτάσεις σχετικές, με την εκμετάλλευση του μετασχηματιστή και γενικά με τη διαχείριση της ζωής του.
- 4) Η μεθοδολογία εκτίμησης της λειτουργικής κατάστασης είναι σκόπιμο να γνωστοποιηθεί στον εντολέα από εκείνον που έχει αναλάβει τη μελέτη.
- 5) Θα πρέπει να παραδοθεί στον εντολέα σε φ/α η βασική βιβλιογραφία, στην οποία θα στηριχθεί ο μελετητής για την εκπόνηση της μελέτης.
- 6) Οι τιμές των διάφορων χαρακτηριστικών θα συγκριθούν με τυχόν υπάρχουσες παλιές αντίστοιχες και θα εξαχθούν συμπεράσματα. Αν δεν υπάρχουν τιμές αναφοράς, τότε οι τιμές από τις μετρήσεις θα αποτελούν πλέον τιμές αναφορά για το μέλλον.

- 7) Ο μελετητής πρέπει να γνωστοποιήσει στον εντολέα κατάλογο των εκπονηθεισών μελετών του, ώστε ο εντολέας να εκτιμήσει τις δυνατότητες του μελετητή.

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ

Προκειμένου περί μετασχηματιστή ισχύος, η εκπόνηση διαγνωστικής μελέτης απαιτεί τα αποτελέσματα των μετρήσεων στο λάδι και στον ίδιο τον μετασχηματιστή όπως αυτά αναφέρονται επιγραμματικά στον Πίνακα 2.1: i) Μετρήσεις για την εκτίμηση της κατάστασης του λαδιού, ii) Μετρήσεις για την εκτίμηση της κατάστασης της στερεάς μόνωσης, iii) Μετρήσεις για την εκτίμηση της κατάστασης του μετασχηματιστή .

Οι μετρήσεις για την εκτίμηση της κατάστασης του λαδιού είναι :

- 1) Διηλεκτρική αντοχή
- 2) $\tan\delta$
- 3) Βαθμός εξουδετέρωσης
- 4) Επιφανειακή τάση
- 5) Περιεχόμενη υγρασία
- 6) Σχετικός κορεσμός
- 7) Χρώμα
- 8) Πυκνότητα
- 9) Έναρξη σχηματισμού λάσπης
- 10) 10) Αεριοχρωματογραφία
- 11) 11) Πλήθος σωματιδίων
- 12) 12) Βαθμός σαπωνοποίησης
- 13) 13) Ανίχνευση θειούχου χαλκού (Cooper sulphide)
- 14) 14) Ανίχνευση μετάλλων

Πίνακας 2.1

	Σφάλμα ή μικρής έκτασης βλάβη	Μεγάλης έκτασης βλάβη
Αποτελέσματα μετρήσεων στο λάδι	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11	επιπλέον 12,13,14
Αποτελέσματα μετρήσεων στο χαρτί	1,2,3,4,5	επιπλέον 6,7,8
Αποτελέσματα μετρήσεων στο μετασχηματιστή	1,2,3,4,5,6,10,11	επιπλέον 7,8,9,12,13,14



Μετασχηματιστής 20 KV/0,4 KV 630 KVA
ανοιγμένος για αντικατάσταση πηνίου μέσης τάσης

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ

Ο πιο κάτω Πίνακας 2.2 είναι χρήσιμος στους υπεύθυνους της λειτουργίας και συντήρησης μετασχηματιστών. Περιλαμβάνει τις πιθανές καταστάσεις λειτουργίας και τους αντίστοιχους ορισμούς αυτών των καταστάσεων.

Πίνακας 2.2

Κατάσταση	Ορισμός
Κανονική	Δεν υπάρχουν εμφανή προβλήματα. Δεν χρειάζονται μέτρα θεραπείας. Δεν υπάρχει ένδειξη υποβάθμισης.
Γήρανση	Κανονική λειτουργία. Αποδεκτή, αλλά δεν σημαίνει χωρίς ελαττώματα.

Ελαττωματική	Μη σημαντική επίπτωση στη βραχυπρόθεσμη αξιοπιστία, αλλά στη ζωή του μηχανήματος θα υπάρξουν αρνητικές επιπτώσεις, εκτός αν ληφθούν μέτρα αποκατάστασης.
Εκδήλωση σφάλματος	Μπορεί να παραμείνει στη λειτουργία, αλλά πιθανό να μειωθεί η βραχυπρόθεσμη αξιοπιστία. Ίσως ναι, ίσως όχι, είναι δυνατή η βελτίωση της κατάστασης με τη λήψη των μέτρων αποκατάστασης.
Εκδήλωση βλάβης	Δεν είναι δυνατή παραμονή στη λειτουργία. Απαιτείται η λήψη μέτρων αποκατάστασης, πριν τεθεί σε λειτουργία πάλι. Πιθανόν, να είναι δαπανηρή η αποκατάσταση και να προτιμηθεί η αντικατάσταση.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΥΓΡΑΣΙΑ ΤΟΥΣ

Μετασχηματιστής <<ΚΑΛΟΣ>> (από πλευράς υγρασίας)	Ο μετασχηματιστής λέγεται <<ξηρός>>. Η υγρασία στη στερεά μόνωση είναι 0,5-1% η λιγότερη, κατά μέσο όρο. Η περιεχόμενη υγρασία στο λάδι είναι περίπου 15 ppm και η μεταβολή της συναρτήσει της θερμοκρασίας είναι μικρή. Ο σχετικός κορεσμός του λαδιού είναι περίπου 5% ή λιγότερο σε σταθερή θερμοκρασία 60-70° C
Κατηγορία II Μετασχηματιστής <<ΜΕΤΡΙΟΣ>> (από πλευράς υγρασίας)	Υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας ο σχετικός κορεσμός της υγρασίας στο λάδι είναι κάτω από 50% ακόμη και στην ελάχιστη θερμοκρασία λειτουργίας. Μέγιστη περιεχόμενη υγρασία στη στερεά μόνωση 1-1,5%. Υπάρχει μικρή αύξηση, συνήθως λιγότερη από το διπλάσιο της αρχικής τιμής της περιεχόμενης υγρασίας, μετά την αύξηση και διατήρηση της θερμοκρασίας δοκιμής. Ο σχετικός κορεσμός αναμένεται να είναι περίπου 5% στους 60-70°C, οπωσδήποτε κάτω από 8%.

Κατηγορία III Μετασχηματιστής <<ΠΙΘΑΝΩΣ ΥΓΡΟΣ>>	Υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας ο σχετικός κορεσμός μπορεί να υπερβαίνει το 50% στην ελάχιστη θερμοκρασία λειτουργίας
Κατηγορία IV Μετασχηματιστής <<ΥΓΡΟΣ>>	Υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας ο σχετικός κορεσμός υπερβαίνει το 100%.

ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΒΛΑΒΗΣ ΣΕ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ ΜΕΣΩ ΑΕΡΙΟΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΠΟ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΑΚΕΤΥΛΕΝΙΟΥ

Η συνεχής (on-line) παρακολούθηση δημιουργούμενων αερίων υδρογόνου και ακετυλενίου στο μετασχηματιστή είναι πολύ χρήσιμη μέθοδος για την ανακάλυψη βλαβών στις οποίες εμπλέκονται ηλεκτρικά τόξα.

Τα ορυκτά λάδια είναι μείγμα μορίων διαφόρων υδρογονανθράκων και περιέχουν χημικές ομάδες CH₃, CH₂, CH, συνδεδεμένες μεταξύ τους με μοριακούς δεσμούς C-C. Αποτέλεσμα ηλεκτρικού ή θερμικού σφάλματος είναι η διάσπαση δεσμών C-C και C-H και ο σχηματισμός μικρών ασταθών κλασμάτων, τα οποία τείνουν να ανασυντεθούν γρήγορα σε μόρια αερίων και σε παραπροϊόντα αποσύνθεσης. Τα ηλεκτρικά τόξα χαμηλής ενέργειας προκαλούν τη διάσπαση του ασθενούς δεσμού C-H και το κύριο αέριο είναι το υδρογόνο. Για τη διάσπαση του δεσμού C-C απαιτείται περισσότερη ενέργεια, οπότε είναι εφικτή η ανασύνθεση του αερίου ακετυλενίου με τριπλό δεσμό. Το ακετυλένιο δεν δημιουργείται εύκολα. Απαιτείται τουλάχιστον 800 – 1000°C και ταχεία σβέση σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, ώστε να συσσωρευτεί προϊόν ανασύνθεσης.

Τέτοιες συνθήκες υπάρχουν στα ηλεκτρικά τόξα.

Τα σφάλματα, τα οποία δημιουργούν ακετυλένιο συνήθως ανήκουν στις κατηγορίες <<εκκενώσεις χαμηλής ενέργειας>> και <<εκκενώσεις υψηλής ενέργειας>>.

Μερικοί τρόποι εκδήλωσης βλαβών, όπως για παράδειγμα οι πιο κάτω αναφερόμενοι, οδηγούν στις αναφερθείσες εκκενώσεις.

- Χαλάρωση ή διακοπή των συνδέσεων προστασίας (shield connections).
- Χαραγές στη μόνωση (tracking)
- Κακή λειτουργία του μετατροπέα τάσης, η οποία συνεπάγεται τόξο στον επιλογέα.
- Καταστροφή της μόνωσης του πυρήνα
- Χαραγές (tracking) στους μονωτήρες διέλευσης
- Τόξο μεταξύ μονωτήρα διέλευσης και κυρίως δοχείου
- Μόλυση από το διαμέρισμα του αλλαγέα

Στον παρατιθέμενο πίνακα 2.3 αναγράφονται οι τυπικές συγκεντρώσεις (ppm) αερίων οι οποίες βρέθηκαν στο 90% των μετασχηματιστών.

Πίνακας 2.3

	Υδρογόνο όλοι οι μετασχηματιστές	Ακετυλένιο (ppm)	
		Χωρίς αλλαγή	Αλλαγές ο οποίος επικοινωνεί
IEC 60599 / 1999	60 – 150	3 – 50	80 - 270
CIGRE TF 11 Recommendations to C 10 Sept. 2002	50 - 150	3 – 20	80 – 280

Ενδεικτική ερμηνεία αποτελεσμάτων παρακολούθησης της κατάστασης μετασχηματιστή με αισθητήρα ακετυλενίου :

- Με κατάλληλο αισθητήρα ακετυλενίου, είναι δυνατόν να αποκαλυφθούν σφάλματα, εντελώς σοβαρά, ακόμη και αν είναι λίγα, π.χ 5, ppm το ανιχνευόμενο ακετυλένιο. Συχνά, η ανίχνευση ακετυλενίου 5 ppm είναι αρκετή για να αρχίσει έρευνα. Στον ίδιο μετασχηματιστή δεν είναι σπάνιο να βρεθούν συγχρόνως 100 ppm H₂ και 500 – 1000 ppm CO. Παράλληλα, προς τις ενδείξεις του αισθητήρα ακετυλενίου οι υπεύθυνοι εκτελούσαν και αναλύσεις διαλυμένων αερίων στο εργαστήριο. Σε συγκεκριμένη περίπτωση ο εν λόγω αισθητήρας έδωσε συναγερμό και απομάκρυναν το μετασχηματιστή από την λειτουργία. Ακολούθησε μέτρηση μόνωσης με Megger, η οποία αποκάλυψε βλάβη στη μόνωση μεταξύ των δύο τμημάτων του πυρήνα. Διατυπώθηκε η άποψη ότι το σφάλμα τόξου αναπτύχθηκε συν τω χρόνω εκλύοντας ακετυλένιο περιοδικώς.

Η ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΤΟ ΜΟΝΩΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ

Η υγρασία του μονωτικού συστήματος κατανέμεται ανισομερώς μεταξύ της στερεάς μόνωσης και του λαδιού. Η περισσότερη υγρασία βρίσκεται στη στερεά μόνωση.

Θεωρούμε μεγάλο μετασχηματιστή αυτόν, ο οποίος περιέχει 100.000 lit λαδιού, ενώ η στερεά μόνωσή του έχει βάρος 8.000 kg. Αν η περιεχόμενη στο λάδι υγρασία είναι 10 ppm, τότε η συνολική ποσότητα νερού στο λάδι είναι 1 lit. Σ' αυτή την περίπτωση η περιεχόμενη υγρασία στη στερεά μόνωση είναι 1,5% στους 40° C περίπου. Η αντίστοιχη ποσότητα νερού είναι 200 lit.

Όπως είναι γνωστό, τα διαγράμματα Piper απεικονίζουν τον τρόπο με τον οποίο επιμερίζεται η υγρασία μεταξύ στερεάς μόνωσης και λαδιού.

Τα διαγράμματα είναι εφαρμόσιμα σε μια συγκεκριμένη ποιότητα λαδιού λόγω της σημαντικής μεταβολής της διαλυτότητας, συναρτήσει των περιεχομένων στο λάδι οξειδίων.

Η στερεά μόνωση μπορεί να καταταχθεί στις ακόλουθες κατηγορίες:

- << Λεπτή και θερμή>> μόνωση των αγωγών, η οποία έχει θερμοκρασία 20 – 30 βαθμούς Kelvin μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του λαδιού.
- << Λεπτή και ψυχρή>> μόνωση, όπως οι μονωτικοί κύλινδροι, των οποίων η θερμοκρασία είναι περίπου ίση με τη θερμοκρασία της μάζας του λαδιού.
- << Παχιά >> μόνωση, όπως είναι τα στοιχεία στήριξης.

Η τελευταία αυτή κατηγορία μόνωσης, αν και πιθανόν να περιέχει πολύ υγρασία, δεν συμμετέχει σημαντικά στη «μετανάστευση» της υγρασίας στο χαρτί και αντίστροφα, λόγω της μεγάλης διάχυσης (diffusion). Η “λεπτή” μόνωση είναι κυρίως υπεύθυνη για την υγρασία στο λάδι. Λόγω των υψηλότερων θερμοκρασιών της, η μόνωση των αγωγών απελευθερώνει περισσότερη υγρασία για την ίδια μάζα μόνωσης και γι' αυτό είναι ξηρότερη. Να σημειωθεί ότι υπάρχει αβεβαιότητα, λόγω πιθανής έκτασης της.

Ένας άλλος λόγος των μεταβολών της περιεχόμενης υγρασίας στο μονωτικό σύστημα είναι οι μεταβολές της θερμοκρασίας αξονικώς.

Οι αναφερθείσες μεταβολές της υγρασίας στο μονωτικό σύστημα οδηγούν στην άποψη ότι δεν είναι πιθανή η ανεύρεση απλής σχέσης μεταξύ της υγρασίας, της στερεάς μόνωσης και της υγρασίας του λαδιού, όπως απεικονίζεται στα διαγράμματα ισορροπίας. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν δυσκολίες στην εκτίμηση της ξήρανσης ενός μετασχηματιστή βάσει της υγρασίας του λαδιού. Επιπλέον, υπάρχει περιπλοκή, η οποία είναι σχετική με την υγρασία στη στερεά μόνωση, γιατί το νερό είναι δυνατόν να υπάρχει σε δύο καταστάσεις, ως «ελεύθερο» ή ως «δεσμευμένο (free or bound)».

Οι πολυμερείς άλυστοι κυτταρίνης, οι οποίες σχηματίζουν τη δομή του χαρτιού, περιέχουν δεσμευμένα μόρια νερού, τα οποία δεν είναι διαθέσιμα για μετανάστευση στο λάδι. Δεν είναι σαφές κατά πόσο οι εκτιμήσεις της υγρασίας λαμβάνουν υπόψη αυτό το δεσμευμένο νερό και κατά πόσο το δεσμευμένο νερό απελευθερώνεται κατά το κόψιμο των αλύσων κυτταρίνης το οποίο οφείλεται στη γήρανση.

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων:

- Αεριοχρωματογραφική ανάλυση διαλυμένων στο λάδι αερίων, η οποία προσδιορίζει και CO, CO₂.
- Ανάλυση για προσδιορισμό φουρανίων
- Ανάλυση για προσδιορισμό του βαθμού πολυμερισμού,

βοηθούν πολύ στην εκτίμηση της κατάστασης της μόνωσης του μετασχηματιστή. Η μεν πρώτη διότι αποκαλύπτει πολλά προβλήματα στο εσωτερικό του μετασχηματιστή, οι δε άλλες δύο διότι δείχνουν την κατάσταση της στερεάς μόνωσης.

Με τη χρήση των πιο πάνω αναλύσεων είναι δυνατόν να διαμορφωθούν αντιλήψεις για τη γήρανση της μόνωσης. Και να αναπροσαρμοσθούν αυτές για την αύξηση των δυνατοτήτων πρόβλεψης της απώλειας χρόνου ωφέλιμης ζωής του μετασχηματιστή, βάσει μετρήσεων της θερμοκρασίας ή της φόρτισής του, της περιεχόμενης υγρασίας στη μόνωση του, του είδους της διάταξης προστασίας του λαδιού από την επίδραση της ατμόσφαιρας κυρίως την επίδραση του οξυγόνου και της υγρασίας (Preservation System.).

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων είναι, επίσης, χρήσιμα στην ανακάλυψη εσωτερικών λανθανόντων σφαλμάτων, τα οποία αργά ή γρήγορα οδηγούν σε βλάβη.

Μερικά φουράνια έχουν επαρκή σταθερότητα και παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τη μακροπρόθεσμη γήρανση της μόνωσης από κυτταρίνη. Βέβαια πρέπει να διαφοροποιηθεί η εκτίμηση της κατάστασης της μόνωσης, ανάλογα με τη διάταξη προστασίας του λαδιού του μετασχηματιστή.

Έχει πραγματοποιηθεί και συνεχίζεται η έρευνα, η οποία αφορά στους ρυθμούς έκλυσης και τις απώλειες φουρανίων, σε συνάρτηση με τον τύπο της μόνωσης και τη διάταξη προστασίας του λαδιού. Υπάρχουν αποτελέσματα αναλύσεων για φουράνια, τα οποία επιβεβαιώνουν ή συμπληρώνουν τα αποτελέσματα των αντίστοιχων αεριοχρωματογραφικών αναλύσεων των διαλυμένων στο λάδι αέριων.

Επίσης, τα αποτελέσματα αναλύσεων για τον προσδιορισμό του βαθμού πολυμερισμού του χαρτιού ενός μετασχηματιστή, συμπληρώνονται από τα αποτελέσματα των αεριοχρωματογραφικών αναλύσεων και των αναλύσεων για τον προσδιορισμό φουρανίων.

Είναι δυνατόν ο βαθμός πολυμερισμού, ο οποίος δίνει καλή ένδειξη της γήρανσης της μόνωσης, να μην αποκαλύψει την ύπαρξη κάποιας υπερθέρμανσης, αν το επιλεγμένο δείγμα ή τα δείγματα χαρτιού δεν είχαν προσβληθεί από την υπερθέρμανση αυτή. Σ' αυτή τη περίπτωση τα αποτελέσματα της αεριοχρωματογραφικής ανάλυσης και της ανάλυσης για φουράνια αποκαλύπτουν την υπερθέρμανση.

Οι συλλογισμοί τέτοιου είδους οδηγούν στη **διάγνωση** την οποία μπορούμε να καλούμε **συνδυασμένη**.

Η ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ

Θεωρείται ότι η προέλευση της υγρασίας του μετασχηματιστή οφείλεται κυρίως :

- Στην ανεπαρκή ξήρανση του μετασχηματιστή στο εργοστάσιο κατασκευής.
- Στην είσοδο υγρασίας κατά την εγκατάσταση του μετασχηματιστή.
- Στη διείσδυση υγρασίας κατά τη λειτουργία του μετασχηματιστή.
- Στη διαδικασία γήρανσης του μονωτικού συστήματος, οπότε η υγρασία είναι παραπροϊόν αυτής της διαδικασίας.

Κατά τη διαδικασία γήρανσης του χαρτιού, κάθε σπάσιμο της αλυσίδας της κυτταρίνης προκαλεί της παραγωγή φουρανίων και μορίων νερού. Αυτά είναι παραπροϊόντα αποσύνθεσης.

ΟΡΙΑ ΠΡΟΣΟΧΗΣ ΚΑΙ ΟΡΙΑ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΛΑΤΤΩΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΩΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ

Το παρακάτω κείμενο περιλαμβάνει διάφορα χαρακτηριστικά μεγέθη του μονωτικού συστήματος. Στην αριστερή στήλη περιλαμβάνονται τα μεγέθη, τα οποία χρειάζονται την ιδιαίτερη προσοχή του χρήστη, και στη δεξιά τα μεγέθη, τα οποία αποτελούν προειδοποίηση για το χρήστη, ώστε αυτός να προετοιμασθεί για να προβεί στις ενδεικνυόμενες ενέργειες.

Όρια προσοχής

Μείωση του περιθωρίου της μονωτικής ικανότητας του μονωτικού συστήματος κατά 10% και άνω. Είναι ελαττωματική κατάσταση. Η τιμή των μερικών εκκενώσεων να βρίσκεται στα 1000 – 2500 pC

Τιμή του σχετικού κορεσμού άνω του 20% στη θερμοκρασία λειτουργίας, με την παρουσία σωματιδίων π.χ. ίνες με περιεχόμενη υγρασία άνω του 1,5%

Υγρασία στη μόνωση, η οποία, σε υψηλές θερμοκρασίες, μεταναστεύει στο λάδι και αύξηση του σχετικού κορεσμού άνω του 40% στην ελάχιστη θερμοκρασία λειτουργίας. Περιεχόμενη υγρασία στη στερεά μόνωση 1,5% - 2%.

Μόλυνση με σωματίδια. Πιθανή δημιουργία κοκ, το οποίο εντοπίζεται σε θέσεις όπου το λάδι υπερθερμάνθηκε άνω των 500ο C.

Έκλυση φυσαλίδων σε θέση όπου το λάδι

Όρια προειδοποίησης

Πιθανή ύπαρξη κρίσιμης τιμής μερικών εκκενώσεων στην ονομαστική τιμή.

Αύξηση του σχετικού κορεσμού άνω του 40 - 50% στη θερμοκρασία λειτουργίας, με την παρουσία σωματιδίων π.χ. ίνες με 6-7% παρουσία νερού

Υγρασία στη μόνωση, η οποία, σε υψηλές θερμοκρασίες μεταναστεύει στο λάδι και αύξηση του σχετικού κορεσμού άνω του 40-50% στη κανονική θερμοκρασία λειτουργίας. Περιεχόμενη υγρασία στη παχιά στερεά μόνωση 3-4%.

Μόλυνση με σωματίδια. Είναι ορατή η δημιουργία αγωγίμων σωματιδίων, ήτοι μέταλλα, άνθρακας κ.λ.π. 4.000 και άνω μεταλλικά σωματίδια >3μm και <150 ανά 10 ml λαδιού

Η υγρασία στο χαρτί των αγωγών των

υπερθερμάνθηκε άνω των 800ο C.
Υπάρχει παρουσία ακετυλενίου.

Γήρανση λαδιού η οποία δημιουργεί λάσπη στο ειδικό πεπιεσμένο ξύλο (pressboard), λόγω ηλεκτρικού πεδίου.

Η διηλεκτρική αντοχή νέας και υγρασίας 2,5% στερεάς μόνωσης είναι κατά 10-12% μικρότερη από τη διηλεκτρική νέας και χωρίς υγρασία στερεάς μόνωσης. Όταν αυξηθεί η συγκέντρωση των σωματιδίων από 50 cm³ σε 160 cm³ μειώνεται κατά 29% η διηλεκτρική αντοχή.

Ανάπτυξη μερικών εκκενώσεων. Πρώτη προειδοποίηση είναι να μετρηθούν μερικές εκκενώσεις 300-1000 pC

Ένδειξη ελαττωματικής κατάστασης είναι τα 1.000 – 2.500 pC

τυλιγμάτων είναι δυνατόν να προκαλέσει έκλυση φυσαλίδων. Κατά τη διάρκεια υπερφόρτισης. Αν η περιεχόμενη στη στερεά Μόνωση υγρασία είναι 7% αναμένεται έκλυση φυσαλίδων στους 140-150°C

Γήρανση η οποία προκαλεί την εναπόθεση ιλύος στο ειδικό πεπιεσμένο ξύλο (pressboard), υπό την επίδραση ηλ. πεδίου

Ανάπτυξη μερικών εκκενώσεων. Πρώτη ένδειξη ύπαρξης σφάλματος είναι όταν η τιμή μερικών εκκενώσεων υπερβαίνει κατά πολύ τα 2500 pC.

Η κατάσταση είναι κρίσιμη όταν q>>100.000-1.000.000 pC

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΓΗΡΑΝΣΗΣ ΤΗΣ ΜΟΝΩΣΗΣ

Ο ρυθμός γήρανσης της μόνωσης (χαρτί – λάδι) ενός μετασχηματιστή εξαρτάται κυρίως από τρεις παραμέτρους:

Θερμοκρασία – περιεχόμενη υγρασία – περιεχόμενο οξυγόνο.

Θερμοκρασία

α) Επίδρασή της στο χαρτί

Είναι γνωστό ότι το χαρτί παρουσιάζει αστάθεια στη θερμοκρασία. Θερμικός αναβαθμισμένο χαρτί επηρεάζεται λιγότερο από τη θερμοκρασία σε σύγκριση με το χαρτί Kraft, αλλά και αυτό όταν εκτεθεί σε υψηλές θερμοκρασίες, υποβαθμίζεται. Και γι' αυτό ισχύει ο νόμος κατά της μείωσης της ζωής του στο 50%, όταν η θερμοκρασία λειτουργίας αυξηθεί κατά 6-8°C.

Υγρασία

α) Επίδρασή της στο χαρτί

Το θερμικά αναβαθμισμένο χαρτί επηρεάζεται λιγότερο από την υγρασία σε σύγκριση με το χαρτί Kraft. Εντούτοις, σε κάθε περίπτωση η επίδραση του νερού στο χαρτί είναι σημαντική και ανάλογη προς το περιεχόμενο νερό. Με μείωση στο 50% της περιεχόμενης υγρασίας στο χαρτί, διπλασιάζεται η διάρκεια ζωής του.

Οξυγόνο

α) Επίδρασή του στο χαρτί

Το χαρτί γενικά επηρεάζεται από τη παρουσία του οξυγόνου.

Το αναβαθμισμένο χαρτί επηρεάζεται λιγότερο από το χαρτί Kraft. Η επίδραση του οξυγόνου, με παρουσία σε μεγάλες ποσότητες σε χαρτί Kraft, σε σύγκριση με την επίδραση του οξυγόνου με παρουσία σε μικρές ποσότητες, είναι κατά 2,5 φορές μεγαλύτερη.

Σχετικά με τη περιεχόμενη υγρασία στο μετασχηματιστή συμπληρώνονται τα εξής:

- Παρέχει σαφές πλεονέκτημα η διατήρηση του μετασχηματιστή σε κατάσταση απαλλαγμένη από υγρασία. Η εκτίμηση της κατάστασης, από πλευράς υγρασίας, δεν θα παραβλέψει τη δυναμική της υγρασίας στο μετασχηματιστή, η οποία οφείλεται στον τρόπο φόρτισής του (σταθερή ή μεταβαλλόμενη), στη θερμοκρασία του, στη μόλυνση του λαδιού, στη διαλυτότητα του νερού στο λάδι κλπ. Η εν λόγω δυναμική κατάσταση ισορροπίας είναι η συνεχής μετανάστευση υγρασίας από το χαρτί, κυρίως των τυλιγμάτων, προς το λάδι και αντιστρόφως.

1.3 Βλάβες σε μετασχηματιστές ισχύος

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΒΛΑΒΗ ΣΕ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ

Με την έναρξη της λειτουργίας ενός μετασχηματιστή, ο χρήστης έχει δύο κύριες ερωτήσεις σχετικά με το μονωτικό σύστημα του μετασχηματιστή.

Η πρώτη αφορά στα αναμενόμενα ελαττώματα ή σφάλματα στο σύστημα.

Η δεύτερη αφορά στη δυνατότητα εξέλιξης ενός ελαττώματος σε δυσλειτουργία και / ή σε βλάβη.

Η επιδίωξη να καταστεί δυνατόν να δίνονται απαντήσεις στις αναφερθείσες ερωτήσεις, οδήγησε στη δημιουργία του ακόλουθου μοντέλου (Πίνακας 3.3.) :

Πίνακας 3.3

Μονωτικό σύστημα	Ελάττωμα αντιστρεπτό	Σφάλμα και τρόπος βλάβης μη αντιστρεπτά
Μεγάλη μόνωση	Υπερβολική υγρασία	Καταστροφικές μερικές εκκενώσεις
Μικρή μόνωση	Μόλυνση λαδιού.	Τοπικές χαραγές
Μόνωση ακροδεκτών	Επιφανειακή μόλυνση.	Εκκένωση ερπυσμού
Ηλεκτροστατική	Μη κανονικά γηρασμένο λάδι.	Υπερβολική γήρανση
Θωράκιση		Υλικά κυτταρίνης, τα οποία έχουν μη κανονικά υπερθερμανθεί
		Γηρασμένη κυτταρίνη

1.3 Μόνωση και ψύξη μετασχηματιστών ισχύος

Μετασχηματιστές ισχύος ψύχονται, κατά κανόνα, με κυκλοφορία λαδιού που χρησιμοποιείται ταυτόχρονα και σαν μονωτικό. Τελευταία κατασκευάζονται και αερόψυκτοι μετασχηματιστές, π.χ. 1 MVA, που η μόνωση τους είναι οξειδωτικές ρητίνες ενισχυμένες με υαλίνες. Μετασχηματιστές ισχύος, ελαιόψυκτοι, έχουν συνήθως εναλλάκτες θερμότητας, που μπορούν να ψύχονται με τη φυσική ροή του αέρος. Σε περιπτώσεις όμως υψηλών απαιτήσεων ψύξεως, π.χ. τυπικά για τάξεις μεγέθους ονομαστικής ισχύος 100 MVA, χρησιμοποιούνται αντλίες για τη βεβαιωμένη ροή του λαδιού και ανεμιστήρες για τη βεβαιωμένη ροή αέρα. Σύμφωνα με πρότυπο του IEEE οι μετασχηματιστές διακρίνονται σε κατηγορίες ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της ψύξης τους και η κάθε κατηγορία περιγράφεται με τέσσερα γράμματα.

Για το εσωτερικό του μετασχηματιστή:

1^ο γράμμα (ψυκτικό μέσο)

O = υγρό με σημείο καύσης μικρότερο ή ίσο με 300 °C

K = υγρό με σημείο καύσης μεγαλύτερο των 300 °C

L = άφλεκτο υγρό

2^ο γράμμα (μηχανισμός ψύξης)

N = φυσική ροή στον εξοπλισμό ψύξης και στα τυλίγματα

F = εξαναγκασμένη κυκλοφορία στον εξοπλισμό ψύξης και φυσική ροή στα τυλίγματα

D = εξαναγκασμένη κυκλοφορία στον εξοπλισμό ψύξης και κατευθυνόμενη ροή στα τυλίγματα

Για το εξωτερικό του μετασχηματιστή:

3^ο γράμμα (ψυκτικό μέσο)

A = αέρας

W = νερό

4^ο γράμμα (μηχανισμός ψύξης)

N = φυσική ροή

F = εξαναγκασμένη κυκλοφορία

Σε μετασχηματιστές φυσικής κυκλοφορίας, π.χ. τύπου Ο Ν Α Ν , που τοποθετούνται σε κλειστό ή στεγασμένο χώρο, πρέπει να υπάρχει δυνατότητα αερισμού, δηλ. απαγωγής της θερμότητας. Αν η ψύξη δεν επαρκεί, ο Μ/Σ μπορεί να συνεχίσει την λειτουργία του υπό ελαττωμένο φορτίο. Συνήθως, σε Μ /Σ με βεβιασμένη κυκλοφορία ψυκτικών, δίνονται από τον κατασκευαστή οδηγίες κατά πόσο θα ελαττωθεί η ισχύς αν αντί για βεβιασμένη έχουμε φυσική κυκλοφορία.

1.4 Θόρυβος μετασχηματιστών ισχύος

Ο θόρυβος των μετασχηματιστών οφείλεται στο φαινόμενο της μαγνητοσυστολής. Δηλαδή στη μεταβολή των διαστάσεων των σιδερέινων ελασμάτων του πυρήνα από την επίδραση του πεδίου. Αυτή η μαγνητική επιμήκυνση παρατηρείται σε κλάσματα που περιέχουν πυρίτιο, και είναι ανάλογη της μαγνητικής επαγωγής και επίσης εξαρτάται από τον τρόπο επεξεργασίας του υλικού. Σε κάθε ημιπερίοδο του μαγνητικού πεδίου δημιουργείται μια πλήρη μηχανική ταλάντωση του πυρήνα και των ζυγμάτων. Έτσι η συχνότητα των μηχανικών ταλαντώσεων είναι διπλάσια της συχνότητας του πεδίου εκτός από αυτή την ταλάντωση υπάρχουν οι ανώτερες ταλαντώσεις των οποίων η συχνότητα είναι πολλαπλάσια της βασικής. ο πυρήνας ενός μετασχηματιστή αποτελείται από μάζα με ιδιότητες ελατηρίου και επομένως έχει την ικανότητα να ταλαντώνεται. Επειδή η ελαστική αυτή μάζα είναι συνεχώς κατανεμημένη έχει άπειρες ιδιοσυχνότητες. Εάν τώρα οι συχνότητες διέγερσης μαγνητικής προέλευσης συμπίπτουν με μια τουλάχιστον ιδιοσυχνότητα τότε δημιουργείται συντονισμός και ο πυρήνας ταλαντώνεται με το μέγιστο πλάτος. Οι ταλαντώσεις του πυρήνα μεταδίδονται μέσω του λαδιού, στο λέβητα και μετά στον αέρα και έτσι δημιουργείται ο θόρυβος. Η αντιμετώπιση του θορύβου γίνεται με διάφορα μέσα : με βελτίωση των ελασμάτων, με προσεκτική κατασκευή του πυρήνα όσον αφορά την τοποθέτηση των ελασμάτων και την σύνδεση των στελεχών με τα ζυγώματα, με κατάλληλο σχεδιασμό, κλπ. Έχει διαπιστωθεί ότι κατασκευάζοντας τον πυρήνα από τρία ξεχωριστά πλαίσια η μαγνητική και ακουστική ζεύξη μεταξύ τους μειώνει αρκετά την ένταση του ήχου. (2)

1.5 Απόδοση μετασχηματιστών ισχύος

Όσον αφορά την απόδοση, οι μετασχηματιστές είναι πολύ αποδοτικές ηλεκτρικές μηχανές με συντελεστή απόδοσης που φτάνει μέχρι 97,5 % έως 99,4%. Η απόδοση μπορεί να καθοριστεί με ταυτόχρονη μέτρηση των ισχύων εισόδου και εξόδου. Για μεγάλες μηχανές μια τέτοια μέτρηση είναι δαπανηρή και δύσκολη. Επιπλέον όταν η απόδοση είναι υψηλή, μπορεί να επιτευχθεί μεγαλύτερη ακρίβεια, όταν αυτή εκφραστεί μέσω των απωλειών. Έτσι η απόδοση των μετασχηματιστών δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$\eta = \frac{S \cdot \cos\phi}{S \cdot \cos\phi + \text{losses}}$$

όπου S το φορτίο του μετασχηματιστή σε VA, losses οι απώλειες σε W και cosφ ο συντελεστής ισχύος. Μείωση των απωλειών οδηγεί σε αύξηση τα απόδοσης του μετασχηματιστή. Οι απώλειες κενού φορτίου είναι σταθερές, ενώ οι απώλειες φορτίου είναι ανάλογες του φορτίου του μετασχηματιστή.

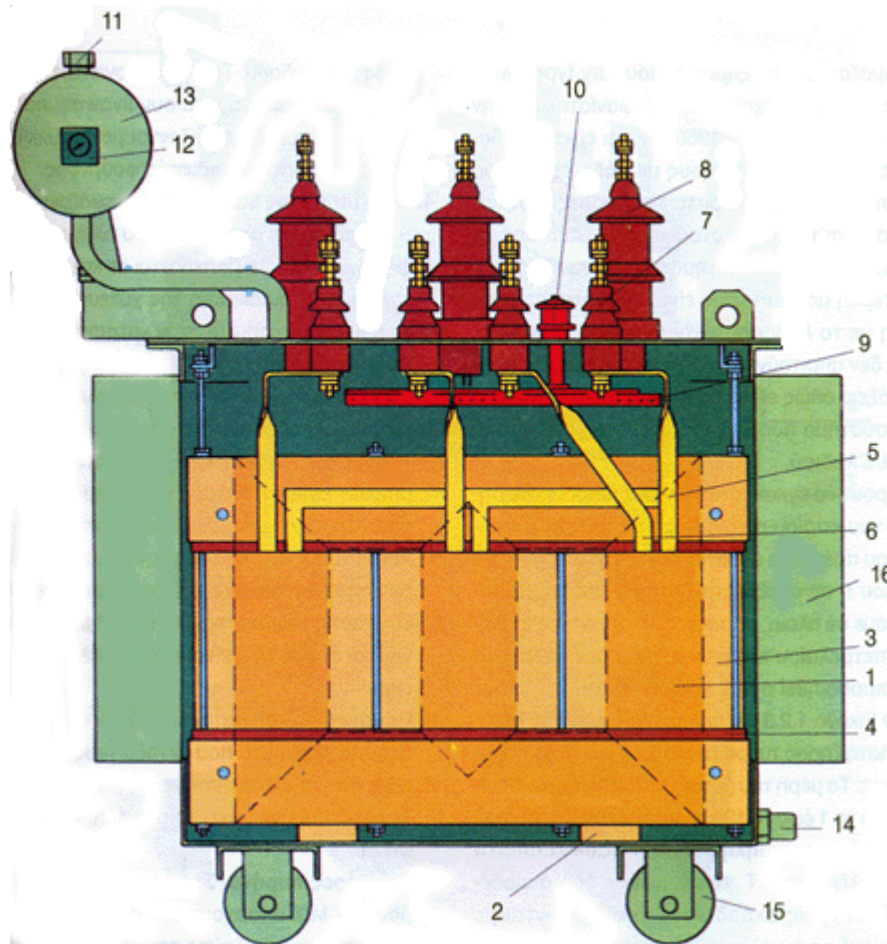
Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η απόδοση του μετασχηματιστή δίνεται και από τη σχέση:

$$\eta = \frac{S \cdot \cos\varphi}{S \cdot \cos\varphi + NLL + LL \left(\frac{S}{S_B}\right)^2}$$

όπου NLL οι απώλειες κενού φορτίου, LL οι απώλειες φορτίου και S_B η ονομαστική ισχύς του μετασχηματιστή σε VA. Η απόδοση των μετασχηματιστών είναι μικρότερη όταν αυτοί δεν λειτουργούν στη μέγιστη ισχύ συνέχεια. Μέγιστη απόδοση επιτυγχάνεται όταν οι απώλειες φορτίου είναι ίσες με τις απώλειες κενού φορτίου και συνήθως βρίσκεται μεταξύ των τιμών φόρτισης 40% και 50%. Το μέγεθος ενός μετασχηματιστή επιδρά στις απώλειές του. Γενικά, μεγαλύτεροι μετασχηματιστές έχουν χαμηλότερες ονομαστικές απώλειες και ιδιαίτερα χαμηλότερες απώλειες φορτίου.

1.6 Μετασχηματιστές ελαίου

Στην εικόνα 1.6.1 παρουσιάζονται τα βασικά μέρη ενός μετασχηματιστή ελαίου



Εικόνα 1.6.1

Τα αριθμημένα μέρη της εικόνας 1.6.1 αναλύονται παρακάτω:

1. Πυρήνας (Core)

Κατασκευάζεται από ειδικά σιδερένια ελάσματα που μεταξύ τους είναι μονωμένα για να ελαττώσουμε τις μαγνητικές απώλειες. Ο πυρήνας έχει τρία σκέλη, ένα για κάθε φάση.

2. Στηρίγματα πυρήνα (Core support)

Μεταξύ του πυθμένα του δοχείου και του πυρήνα μεσολαβεί κάποια απόσταση για να μπορεί να κυκλοφορεί το λάδι.

3. Τυλίγματα (Winding)

Σε κάθε σκέλος του πυρήνα υπάρχουν δύο τυλίγματα (πηνία). Στο εσωτερικό βρίσκεται το τύλιγμα της χαμηλής τάσης (Χ.Τ.) και εξωτερικά το τύλιγμα της μέσης τάσης. Το τύλιγμα Χ.Τ. είναι κατασκευασμένο από χάλκινες ή αλουμιένιες μπάρες, ενώ το τύλιγμα της Μ.Τ. είναι από χάλκινο σύρμα.

4. Στηρίγματα τυλιγμάτων (winding support)

Η στερέωση των τυλιγμάτων Χ.Τ. και Μ.Τ. τόσο μεταξύ τους όσο και πάνω στον πυρήνα είναι πολύ κρίσιμη και γίνεται με μονωτικά στηρίγματα. Σε περίπτωση βραχυκυκλώματος, αναπτύσσονται στα τυλίγματα μεγάλες δυνάμεις Laplace που μπορούν να καταστρέψουν το Μ/Σ.

5. Άκρα των τυλιγμάτων (α)

Τα τρία άκρα των τυλιγμάτων χαμηλής τάσης γεφυρώνονται με χάλκινη μπάρα και δημιουργείται ο ουδέτερος κόμβος. Ο ουδέτερος συνδέεται στο κάτω μέρος του μονωτήρα διέλευσης και προκύπτει έτσι ο ακροδέκτης του ουδετέρου (n).

6. Άκρα των τυλιγμάτων (β)

Τα τρία άλλα άκρα των τυλιγμάτων χαμηλής τάσης συνδέονται στους μονωτήρες διέλευσης και προκύπτουν οι ακροδέκτες 2U, 2V, 2W.

7. Μονωτήρες διέλευσης Χ.Τ. (LV bushing) από πορσελάνη

Ονομάζονται μονωτήρες διέλευσης, διότι από μέσα τους διέρχεται το ρεύμα Χ.Τ.. Στον ένα τους ακροδέκτη, που είναι μέσα στο λάδι, συνδέονται οι απολήξεις των τυλιγμάτων Χ.Τ.. Στον άλλο τους ακροδέκτη, που είναι στον αέρα, συνδέονται τα καλώδια Χ.Τ. που αναχωρούν από το Μ/Σ.

8. Μονωτήρες διέλευσης Μ.Τ. (MV bushing) από πορσελάνη.

Στον ένα τους ακροδέκτη, που είναι μέσα στο λάδι, συνδέονται οι απολήξεις των τυλιγμάτων Μ.Τ.. Στον άλλο τους ακροδέκτη, που είναι στον αέρα, συνδέονται τα καλώδια Μ.Τ. που έρχονται από την κυψέλη προστασίας του Μ/Σ.

9. Ρυθμιστής τάσης (off-circuit tap changer)

Τα τυλίγματα μέσης τάσης έχουν ενδιάμεσα λήψεις που καταλήγουν σε ένα περιστροφικό διακόπτη. Έτσι έχουμε τη δυνατότητα διαφορετικών λήψεων, δηλαδή να χρησιμοποιούμε περισσότερες ή λιγότερες σπείρες στο πρωτεύον. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή του λόγου των σπειρών του Μ/Σ και, συνεπώς, τη ρύθμιση της τάσης του δευτερεύοντος. Η ρύθμιση αυτή γίνεται όταν ο Μ/Σ είναι εκτός κυκλώματος (off-circuit).

10. Χειριστήριο ρυθμιστή τάσης

11. Δοχείο διαστολής (expansion vessel)

Η θερμοκρασία του λαδιού σε κανονική λειτουργία του Μ/Σ φτάνει τους 100°C, με αποτέλεσμα τη διαστολή του. Το δοχείο διαστολής συνδέεται με σωλήνα με το δοχείο του Μ/Σ και όσο η θερμοκρασία του λαδιού ανεβαίνει, ανεβαίνει η στάθμη του λαδιού, διώχνοντας τον αέρα που βρίσκεται στο πάνω μέρος του δοχείου. Το αντίθετο συμβαίνει όταν η θερμοκρασία του λαδιού κατεβαίνει. Σήμερα κατασκευάζονται στεγανοί Μ/Σ λαδιού, με ειδικά σχεδιασμένα πτερύγια ψύξης που παίρνουν τις διαστολές του λαδιού και, συνεπώς, δεν χρειάζονται δοχείο διαστολής. Οι στεγανοί (sealed tank) Μ/Σ δεν χρειάζονται συντήρηση, διότι το λάδι δεν έρχεται σε επαφή με τον αέρα και έτσι δεν αλλοιώνεται

12. Δείκτης στάθμης λαδιού (oil-level indicator)

Μάς δείχνει τη στάθμη του λαδιού στο δοχείο διαστολής.

13. Τάπα αερισμού και πλήρωσης με λάδι (Ventilation and filling cap)

Από εδώ εξέρχεται ο αέρας που υπάρχει στο δοχείο διαστολής όταν θερμαίνεται το λάδι του Μ/Σ.

14. Βάνα αποχέτευσης του λαδιού (Drain plug)

Από εδώ γίνεται η εκκένωση του λαδιού.

15. Τροχοί κύλησης (Roller)

Η μετακίνηση του Μ/Σ μέχρι την τελική του θέση γίνεται με κύληση στους τέσσερις τροχούς του.

16. Ψυκτήρες (cooling ribs)

Μοιάζουν με τις φέτες των θερμαντικών σωμάτων ακτινοβολίας και χρησιμεύουν για τη φυσική ψύξη του λαδιού. (1)

Παρακάτω οι εικόνες 1.6.2, 1.6.3 και 1.6.4 αποτελούν φωτογραφίες από μετασχηματιστές ελαίου.



Εικόνα 1.6.2 Μετασχηματιστής ισχύος 20 KV/0,4 KV 150 KVA



Εικόνα 1.6.3 Μετασχηματιστής ισχύος 150 KV/21 KV 25 MVA



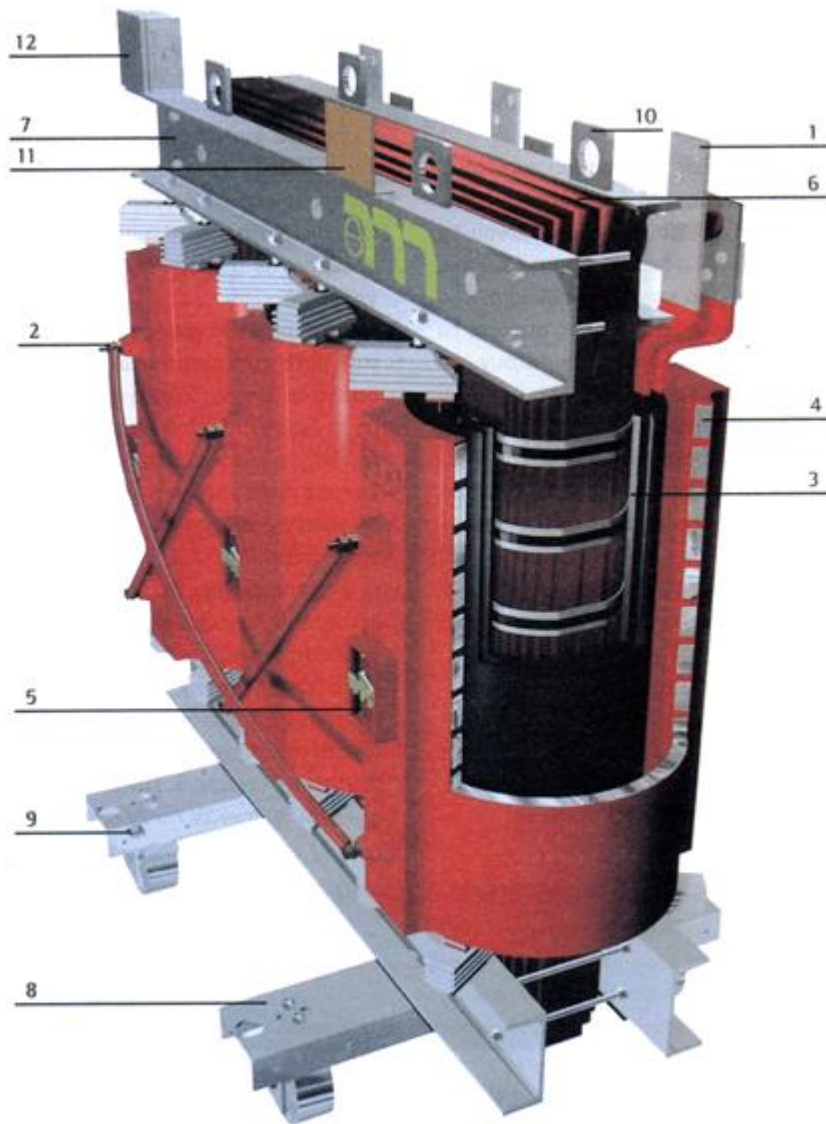
Εικόνα 1.6.4 Πηνίο υψηλής τάσης μετασχηματιστή ισχύος 150 KV/21 KV 25 MVA

1.7 Μετασχηματιστές ξηρού τύπου

Ονομάζονται **M/Σ ξηρού τύπου (dry-type transformers)** διότι δεν έχουν λάδι. Εμφανίστηκαν στην αγορά τη δεκαετία του 1960. Αν και είναι ακριβότεροι από τους αντίστοιχους με λάδι, έχουν ορισμένα πλεονεκτήματα που πολλές φορές τους κάνουν να είναι τελικά οικονομικότεροι. Δύο από τα σημαντικά τους πλεονεκτήματα είναι τα εξής:

- Η στερεή μόνωσή τους είναι άκαυστη, σε αντίθεση με το λάδι που είναι ιδιαίτερα εύφλεκτο. Έτσι δεν απαιτούνται μια σειρά από ειδικές προφυλάξεις όπως ελαιοδεξαμενή, τοίχοι πυράντοχοι, σύστημα πυρόσβεσης κ.ά. που συναντάμε σε M/Σ λαδιού.
- Μπορούν να εγκατασταθούν σε οποιοδήποτε σημείο του κτιρίου σε αντίθεση με τους M/Σ λαδιού που πρέπει να εγκαθίστανται στο υπόγειο του κτιρίου ή σε ανεξάρτητα κτίρια. Έτσι τους συναντάμε σε πλοία, σήραγγες, πλατφόρμες άντλησης πετρελαίου και γενικά όπου δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο M/Σ λαδιού.

Στην εικόνα 1.7.1 βλέπουμε την τομή ενός μετασχηματιστή ξηρού τύπου με μόνωση εποξειδικής χυτορητίνης. Τα μέρη του μετασχηματιστή έχουν αριθμηθεί από το 1 έως το 12 και αναλύονται παρακάτω.



Εικόνα 1.7.1

1. Ακροδέκτες χαμηλής τάσης

Καθένα από τα τρία τυλίγματα Χ.Τ. καταλήγει σε δύο ακροδέκτες. Οι τρεις ακροδέκτες γεφυρώνονται με αλουμιένια ή χάλκινη μπάρα και προκύπτει ο ακροδέκτης του ουδετέρου. Τα υπόλοιπα τρία άκρα καταλήγουν στους ακροδέκτες Χ.Τ., όπου συνδέονται τα καλώδια των 400 V.

2. Ακροδέκτες μέσης τάσης

Καθένα από τα τρία τυλίγματα Μ.Τ. καταλήγει σε δύο ακροδέκτες. Οι ακροδέκτες γεφυρώνονται χιαστί με μονωμένους αγωγούς για να δημιουργήσουν το τρίγωνο (Δ) των τυλιγμάτων της μέσης τάσης.

3. Τύλιγμα χαμηλής τάσης

Κατασκευάζονται συνήθως από φύλλο αλουμινίου που τυλίγεται σε μορφή κυλίνδρου. Τα φύλλα μονώνονται μεταξύ τους, ώστε να σχηματίσουν έναν συμπαγή κύλινδρο. Κατόπιν εμποτίζονται με εποξεική ρητίνη και ψήνονται σε ειδικούς φούρνους.

4. Τύλιγμα μέσης τάσης

Κατασκευάζονται συνήθως από φύλλο αλουμινίου που τυλίγεται σε μορφή πηνίου. Κατόπιν χυτεύονται σε καλούπια με χυτορητίνη. Η διαδικασία της χύτευσης αποτελεί το πιο κρίσιμο σημείο στην κατασκευή του Μ/Σ.

5. Ρυθμιστής τάσης

Κάθε τύλιγμα μέσης τάσης έχει ενδιάμεσες λήψεις που καταλήγουν σε ένα κιβώτιο ακροδεκτών στο μπροστινό μέρος κάθε τυλίγματος. Έτσι έχουμε τη δυνατότητα διαφορετικών λήψεων, δηλαδή να χρησιμοποιούμε περισσότερες ή λιγότερες σπείρες στο πρωτεύον. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή του λόγου των σπειρών του Μ/Σ και, συνεπώς, τη ρύθμιση της τάσης του δευτερεύοντος. Η ρύθμιση αυτή γίνεται όταν ο Μ/Σ είναι εκτός κυκλώματος (offcircuit).

6. Πυρήνας (Core)

Κατασκευάζεται από ειδικά σιδερένια ελάσματα που μεταξύ τους είναι μονωμένα για να ελαττώσουμε τις μαγνητικές απώλειες. Ο πυρήνας έχει τρία σκέλη, ένα για κάθε φάση.

7. Σφικτήρες πυρήνα

Στο πάνω και στο κάτω μέρος του Μ/Σ υπάρχουν σιδερένια δοκάρια που σχηματίζουν το πλαίσιο του Μ/Σ και ταυτόχρονα χρησιμοποιούνται για τη σύσφιξη των ελασμάτων του πυρήνα.

8. Τροχοί κύλησης (Roller)

Η μετακίνηση του Μ/Σ μέχρι την τελική του θέση γίνεται με κύληση στους τέσσερις τροχούς του.

9. Ακροδέκτης γείωσης

Στον ακροδέκτη αυτό γειώνονται όλα τα μεταλλικά μέρη του Μ/Σ (πυρήνας, πλαίσιο κ.λπ.) που δε διαρρέονται από ρεύμα.

10. Άγκιστρα ανύψωσης

Χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά του Μ/Σ.

11. Πινακίδα

Στην πινακίδα αυτή αναγράφονται τα τεχνικά στοιχεία του Μ/Σ, το εργοστάσιο και το έτος κατασκευής του.

12. Κουτί με ηλεκτρονόμους προστασίας

Στο κουτί αυτό καταλήγουν τα καλώδια από τους θερμίστορες που υπάρχουν στα τυλίγματα Χ.Τ. και μας επιτρέπουν να προστατεύουμε το Μ/Σ από υπερφόρτιση (2)

Κεφάλαιο 2 – Παράγοντες που συμβάλλουν στην ρύπανση των μετασχηματιστών ισχύος

2.1 Σύστημα μόνωσης χαρτιού – ελαίου

2.1.1 Μόνωση χαρτιού

Η μόνωση χαρτιού χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές λόγω του ότι η καθαρή κυτταρίνη από την οποία αποτελείται έχει εξαιρετικές μονωτικές ιδιότητες. Τα μονωτικά χαρτιά κατηγοριοποιούνται ανάλογα με το πάχος τους σε χαρτιά με πάχος μικρότερο από 0,0381 mm και χαρτόνια όταν έχουν πάχος μεγαλύτερο από 0,508 mm. Παρακάτω αναλύονται μερικά είδη χαρτιού που χρησιμοποιούνται στο σύστημα μόνωσης ενός μετασχηματιστή.

2.1.1.1 Χαρτί κυτταρίνης

Το χαρτί κυτταρίνης που χρησιμοποιείται για τους μετασχηματιστές με μόνωση ελαίου-χαρτιού παρασκευάζεται με τη μέθοδο Kraft (στη γερμανική γλώσσα σημαίνει σκληρός) η οποία λόγω της χημικής πολτοποίησης του ξύλου, αποδίδει περίπου 90% κυτταρίνη. Ο πολτός που χρησιμοποιείται για αυτά τα χαρτιά προέρχεται από πεύκα και έλατα, από χώρες του βορείου ημισφαιρίου λόγω του ότι τα ψυχρά κλίμα κάνει την ανάπτυξη των δέντρων πιο αργή με αποτέλεσμα οι ίνες κυτταρίνης να έχουν μεγαλύτερο μήκος και επομένως το χαρτί είναι πιο ισχυρό. (1)

2.1.1.2 Θερμικά αναβαθμισμένο χαρτί

Όλα τα χαρτιά και χαρτόνια μόνωσης αλλοιώνονται, αλλάζοντας χημική σύσταση με τον καιρό. Η διηλεκτρική, μηχανική και χημική αντοχή ελαττώνεται. Αυτή η διαδικασία επιταχύνεται από την θερμότητα. Η θερμική αναβάθμιση αυξάνει την θερμοκρασία λειτουργίας του χαρτιού με αποτέλεσμα ο μετασχηματιστής να μπορεί να λειτουργήσει σε υψηλότερες θερμοκρασίες, χωρίς να αλλοιώνεται το χαρτί, επομένως αυξάνεται η ικανότητα φόρτισης άρα και η παραγωγικότητα του μετασχηματιστή. Επίσης μπορεί ο μετασχηματιστής να λειτουργεί σε κανονικές θερμοκρασίες αυξάνοντας έτσι τη διάρκεια ζωής του. Το κανονικό χαρτί είναι σχεδιασμένο για θερμοκρασίες μέχρι 95 °C (40°C θερμοκρασία περιβάλλοντος και αύξηση 55 °C) ενώ το θερμικό αναβαθμισμένο χαρτί μπορεί να λειτουργεί σε θερμοκρασίες μέχρι 105 °C (40 °C θερμοκρασία περιβάλλοντος και 65 °C αύξηση) (1)

2.1.1.3 Pressboard

Το pressboard παράγεται από ανακυκλωμένο βαμβάκι και πολτό χαρτιού Kraft με αναλογία 50/50. Η συμπεριφορά του είναι όμοια με τη συμπεριφορά του απλού χαρτιού αν και η πυκνότητά του είναι μεγαλύτερη. Οι διηλεκτρικές του ιδιότητες είναι κατώτερες από αυτές του χαρτιού Kraft για ίδιο πάχος. Το pressboard τοποθετείται μεταξύ των τυλιγμάτων και μαζί με το λάδι αποτελεί το κύριο μονωτικό υλικό των μετασχηματιστών. Έχει χαμηλή συρρίκνωση και ικανοποιητική αντοχή σε έρπουσες εκφορτίσεις. Ανάλογα με την τάση του πρωτεύοντος τυλίγματος το pressboard κατατάσσεται σε τέσσερις κατηγορίες:

Κατηγορία I : Τάση πρωτεύοντος μικρότερη από 750 kV

Κατηγορία II : Τάση πρωτεύοντος μικρότερη από 220 kV

Κατηγορία III : Επιμήκη μονωτικά εξαρτήματα

Κατηγορία IV : Εξαρτήματα τα οποία συγκολλούνται

2.1.2 Μονωτικά υγρά

Εδώ και πολλά χρόνια το λάδι χρησιμοποιείται σε ηλεκτροτεχνικές εφαρμογές. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα του είναι το μικρό κόστος και η σχετικά μεγάλη διηλεκτρική αντοχή η οποία έχει σαν αποτέλεσμα να απάγει τη θερμότητα που αναπτύσσεται στις συσκευές. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μαζί με τα στερεά μονωτικά και να τα προστατέψει από την υγρασία και την επαφή τους με τον αέρα.

Τα κυριότερα μειονεκτήματά του είναι ότι περιέχει διαλυμένα αέρια, ξένα σωματίδια και είναι επιρρεπές στην οξείδωση. Η οξείδωση γίνεται όταν έρθει το λάδι σε επαφή με το οξυγόνο του αέρα σε υψηλές θερμοκρασίες. Τα προϊόντα της οξείδωσης είναι κετόνες, αλδεύδες, υπεροξειδία και άλλες οργανικές ενώσεις ακόμα και υγρασία που μένουν στο λάδι και μειώνουν την αντοχή του. Ο σχηματισμός ιζημάτων παρεμποδίζει την ψύξη της συσκευής αφού φράσσονται οι σχετοί κυκλοφορίας. Τα ενδιάμεσα προϊόντα οξείδωσης προσβάλλουν επίσης τα στερεά μονωτικά με τα οποία συνεργάζεται το λάδι, που είναι κυρίως το χαρτί, και μειώνουν τη μηχανική τους αντοχή. Ένα άλλο μειονέκτημά τους είναι ότι από την στιγμή που ο πυρήνας και τα τυλίγματα του Μ/Σ εμβαπτισθούν στο λάδι, εισέρχονται στο λάδι αέρια, σωματίδια και νερό που επηρεάζουν δυσμενώς τη διηλεκτρική αντοχή του και δεν μπορούν να απομακρυνθούν πλήρως. Άλλο μειονέκτημα του λαδιού είναι το χαμηλό σημείο ανάφλεξης (η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία αέρια πάνω από την επιφάνεια του λαδιού αναφλέγονται όταν έρθουν σε επαφή με φωτιά για μια στιγμή) που πρέπει να βρίσκεται πάνω από τους 130° - 140° C, αλλά και η δημιουργία στο λάδι υδρογόνου έπειτα από εκκενώσεις αφού αυτό έχει εκρηκτικές ικανότητες σαν αέριο. Έτσι αυξήθηκε το ενδιαφέρον για κάποια υγρά μη εύφλεκτα που παρουσιάζουν κίνδυνο έκρηξης. Τέτοια υγρά είναι:

- α)** Εστέρες και συνθετικοί υδρογονάνθρακες : Είναι τεχνητές βελτιώσεις του ορυκτελαίου και παρουσιάζουν υψηλή θερμική σταθερότητα και αντίσταση στην ανάφλεξη. Είναι καλύτερα υγρά από τα ορυκτέλαια αλλά έχουν κόστος 3 ως 4 φορές μεγαλύτερο.

- β)** Σιλικόνες και φθορισμένοι υδρογονάνθρακες : Παρουσιάζουν αυξημένη θερμική σταθερότητα αλλά έχουν και μειονεκτήματα. Οι σιλικόνες ενώ έχουν βελτιωμένη αντίσταση ανάφλεξης, μειονεκτούν στην απαγωγή θερμότητας. Οι φθοριοάνθρακες παρουσιάζουν πολύ καλή διηλεκτρική αντοχή αλλά κοστίζουν 40 με 50 φορές περισσότερο από το λάδι. Επίσης υπάρχει επιφύλαξη για τα αέρια που παράγουν κατά τις εκκενώσεις και μπορεί να είναι τοξικά.
- γ)** Χλωριωμένα και φωσφατικά υγρά : Τα χλωριωμένα υγρά είναι μεν φθηνά και ανθεκτικά στην ανάφλεξη, αλλά πρόσφατες έρευνες τα έδειξαν τοξικά και επικίνδυνα για το περιβάλλον για αυτό και σήμερα δεν χρησιμοποιούνται καθόλου. Οι φωσφατικοί εστέρες είναι φθηνοί και μη τοξικοί, όμως δεν παρουσιάζουν τη διηλεκτρική αντοχή του ορυκτελαίου και δεν έχει ξεκαθαριστεί πόσο επιβαρύνουν το περιβάλλον.
- δ)** Ηλεκτραρνητικά ή ψυκτικά υγρά : Γίνονται έρευνες για να εξακριβωθεί η τοξικότητά τους, αφού περιέχουν φθόριο και χλώριο. Για αυτό το λόγο όμως έχουν τη δυνατότητα να καταστέλλουν τις εκκενώσεις και να έχουμε σβέση του τόξου. Τα πλεονεκτήματα τέτοιων υγρών όπως το Arcton 12 (τριφθοριο – τριχλωροαιθάνιο) τα καθιστούν ικανοποιητικά για τη ψύξη σε Μ/Σ ή τη σβέση τόξων.

Συνήθως όμως χρησιμοποιούνται ορυκτέλαια ή εστέρες επειδή έχουν ορισμένα σταθερά πλεονεκτήματα (χαμηλό $\tan\delta$, καλή διηλεκτρική αντοχή, μη τοξικά) και το κόστος τους είναι χαμηλό.

2.1.3 Προέλευση μονωτικών ελαίων και κατάταξη αυτών σε κατηγορίες

ΑΡΓΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ

Το αργό πετρέλαιο, από το οποίο προέρχονται τα ορυκτά μονωτικά λάδια, βασικά αποτελείται από υδρογονάνθρακες. Οι κυριότεροι υδρογονάνθρακες μπορούν να καταταγούν σε τρεις ομάδες.

- α)** Αρωματικοί υδρογονάνθρακες
- β)** Παραφινικοί υδρογονάνθρακες
- γ)** Ναφθενικοί υδρογονάνθρακες

Οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες είναι <<κεκορεσμένοι>>. Σε αυτούς τα άτομα του άνθρακα ενώνονται με απλό δεσμό και στο μόριο τους περιέχεται το λιγότερο ένας δακτύλιος από άτομα άνθρακα.

Οι παραφινικοί και ναφθενικοί υδρογονάνθρακες είναι <<ακόρεστοι>>. Σε αυτούς δύο ή περισσότερα άτομα του άνθρακα ενώνονται με διπλό ή πολλαπλό δεσμό. Το μόριο τους αποτελεί ανοικτή αλυσίδα.

Οι παραφινικοί και ναφθενικοί υδρογονάνθρακες είναι σταθεροί, ενώ οι αρωματικοί λιγότερο σταθεροί.

Οι υδρογονάνθρακες, που έχουν απλά και μικρά μόρια, βρίσκονται, με κανονική θερμοκρασία και πίεση, σε αέριο κατάσταση. Οι υδρογονάνθρακες με σύνθετα και μεγάλα μόρια βρίσκονται σε ρευστή κατάσταση, ενώ οι υδρογονάνθρακες με μεγαλύτερα και πολυσύνθετα μόρια βρίσκονται σε στερεά κατάσταση (για παράδειγμα, η άσφαλτος κ.τ.λ.).

Με βάση την πιο πάνω κατάταξη των υδρογονανθράκων υπάρχουν τρεις κύριες κατηγορίες αργών πετρελαίων:

- α) Αργό πετρέλαιο παραφινικής βάσης, που περιέχει σε μεγάλη αναλογία (πάνω από 66%) παραφινικούς υδρογονάνθρακες και σε μικρή αναλογία αρωματικούς και ναφθενικούς. Σε αυτό το πετρέλαιο υπάρχει κερί σε μεγάλη αναλογία, ενώ η άσφαλτος σε μικρότερη. Τα μόρια εδώ είναι αλυσοειδή)
- β) Αργό πετρέλαιο ναφθενικής βάσης, που περιέχει σε μεγάλη αναλογία (πάνω από 66%) ναφθενικούς υδρογονάνθρακες και σε μικρή αναλογία παραφινικούς. Σε αυτό το πετρέλαιο υπάρχει άσφαλτος σε μεγάλη αναλογία, ενώ το κερί σε πολύ μικρή. Επίσης υπάρχουν αρκετοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες.
- γ) Αργό πετρέλαιο μικτής βάσης, που περιέχει υδρογονάνθρακες όλων των ομάδων σε μεγάλες αναλογίες (καμιά ομάδα δεν περιέχεται σε αναλογία πάνω από 66%). Το πετρέλαιο αυτό περιέχει και άσφαλτο και κερί. Τα μόρια εδώ είναι σε συγκρότηση δακτυλιοειδή. Το 90% των αργών πετρελαίων είναι μικτής βάσεως.

Η επιλογή του αργού πετρελαίου, από το οποίο θα παραχθεί το μονωτικό λάδι των ηλεκτρικών μηχανημάτων αποτελεί αποφασιστικό παράγοντα για την ποιότητα του μονωτικού λαδιού. Γενικά προτιμάται το αργό πετρέλαιο ναφθενικής βάσης χάρη στη χημική συγκρότηση και γιατί διατηρεί τη ρευστότητά του σε χαμηλές θερμοκρασίες.

2.1.4 Χρησιμότητα μονωτικών ελαίων στους μετασχηματιστές

Το μονωτικό λάδι χρησιμοποιείται στους μετασχηματιστές γιατί είναι :

- α) **Κατάλληλο ψυκτικό μέσο** : Απορροφά τη θερμότητα που παράγεται στα τυλίγματα και τον πυρήνα (Νόμοι των Joule και Foucault κ.τ.λ.) και την μεταφέρει στις ψυκτικές επιφάνειες των ψυγείων και στα τοιχώματα του δοχείου. Αυτή η μεταφορά γίνεται με φυσική κυκλοφορία ή και με εξαναγκασμένη κυκλοφορία. Από τα ψυγεία η θερμότητα απάγεται στο

περιβάλλον βασικά δια μεταφοράς με τη βοήθεια ανεμιστήρων. Από τα τοιχώματα του δοχείου η θερμότητα απάγεται δι' ακτινοβολίας. Η ψύξη του μετασχηματιστή έχει μεγάλη σημασία. Γιατί, όπως είναι γνωστό η υπερθέρμανση του λαδιού είναι αυτή, που συντείνει στην αλλοίωση του και που περιορίζει την ισχύ του μετασχηματιστή σε ψυκτικό μέσο. Το μονωτικό λάδι είναι καλύτερο από τον αέρα, γιατί έχει μεγαλύτερη ειδική θερμότητα απ' αυτόν.

β) **Κατάλληλο μονωτικό μέσο** : παρεμβάλλεται ανάμεσα στα διάφορα στοιχεία του μετασχηματιστή που έχουν διαφορετικά δυναμικά, εμποδίζει την ηλεκτρική υπερπήδηση και ενισχύει τις μονωτικές ιδιότητες που έχουν οι μονώσεις των τυλιγμάτων. Εμποδίζοντας την εισχώρηση υγρασίας και προστατεύοντας έτσι αυτές από αυτή. Όπως είναι γνωστό οι πιο πάνω μονώσεις (χαρτί, βαμβάκι) έχουν σε βάση την κυτταρίνη και απορροφούν υγρασία από τον αέρα, όταν τις εκθέσουμε σε αυτόν. Η απορρόφηση της υγρασίας έχει ως αποτέλεσμα να μειωθούν οι μονωτικές τους ικανότητες. Ως μονωτικό μέσο το μονωτικό λάδι είναι καλύτερο από τον αέρα, γιατί έχει ισχυρότερη μονωτική ικανότητα (διηλεκτρική σταθερά και διηλεκτρική αντοχή πολύ μεγαλύτερες).

Επίσης το μονωτικό λάδι χρησιμοποιείται στους μετασχηματιστές γιατί παρεμποδίζει τη δημιουργία μικροσκοπικών φυσαλίδων αέρα και αερίων στις μονώσεις των τυλιγμάτων. Παρ' όλο που οι μονώσεις από χαρτί εφαρμόζονται πάνω στους αγωγούς με προσοχή, απομένουν μικρά διάκενα μεταξύ των μονώσεων και μεταξύ των μονώσεων και των αγωγών. Ο αέρας που υπάρχει στα διάκενα αυτά ιονίζεται και έτσι είναι δυνατό να προκληθούν απώλειες και καταστροφή των μονώσεων. Το μονωτικό λάδι όμως γεμίζει τα διάκενα και παρεμποδίζει τον ιονισμό.

Τέλος το μονωτικό λάδι χρησιμεύει, για να απομακρυνθούν τα μικρά, αλλά σημαντικά σε πλήθος ίχνη ξένων σωμάτων και υγρασία, που μπορεί να βρίσκονται σε κάθε καινούργιο μετασχηματιστή. Τα ίχνη αυτά απομακρύνονται με την κυκλοφορία του λαδιού, που προκαλείται από διάταξη διηθήσεως (φίλτρο).

2.2 Βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα του ελαίου

2.2.1 Φθορά των μονωτικών ελαίων

2.2.2 Επίδραση της υγρασίας στο λάδι

Το λάδι επηρεάζεται λίγο από την υγρασία που περιέχεται σ' αυτό. Το μόριο του νερού περιέχει οξυγόνο το οποίο επιταχύνει τη γήρανση του λαδιού. Αυτή η πηγή οξυγόνου δεν είναι σημαντική σε σύγκριση με άλλες.

2.2.3 Επίδραση του οξυγόνου στο λάδι

Το λάδι επηρεάζεται σημαντικά από τη παρουσία οξυγόνου, όταν μάλιστα η θερμοκρασία λειτουργίας του μετασχηματιστή είναι υψηλή. Ο ρυθμός παραγωγής προϊόντων οξείδωσης είναι ανάλογος προς το περιεχόμενο οξυγόνο. Ο ρυθμός γήρανσης του λαδιού μπορεί να δεκαπλασιαστεί αν οι ποσότητες οξυγόνου αυξηθούν. Σημειώνεται ότι το λάδι μετασχηματιστή παραμένει σταθερό επί χρόνια, ακόμη και αν η θερμοκρασία λειτουργίας του είναι 120°C, εφόσον δεν υπάρχει οξυγόνο σ' αυτό. Αν στο μετασχηματιστή διεισδύσει οξυγόνο, το λάδι του γηράσκει γρήγορα και είναι δυνατόν να υποβαθμισθεί μέσα σε ώρες ή σε ημέρες.

2.2.4 Επίδραση της θερμοκρασίας στο λάδι

Το λάδι παρουσιάζει αστάθεια στην οξείδωση. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο με υψηλές θερμοκρασίες "θερμότερου σημείου" μέχρι 700° C για λίγο χρόνο, η μεγάλη μάζα του λαδιού γηράσκει σε μέτριο μόνο βαθμό. Το λάδι συμπεριφέρεται ως σταθερό υλικό στη θερμοκρασία, μόνο αν το περιεχόμενο οξυγόνο έχει μηδενική ή πολύ μικρή παρουσία. Αν η παρουσία του οξυγόνου αυξηθεί, το λάδι επηρεάζεται πολύ από τη θερμοκρασία. Ως εκ τούτου, η θερμοκρασία λειτουργίας του λαδιού πρέπει να είναι όσο το δυνατόν χαμηλή.

2.3 Καθαρισμός των ελαίων

Η βασική μέθοδος καθαρισμού των ελαίων είναι η διαδικασία Αφύγρανσης Ελαίου Μετασχηματιστών κατά την οποία επιτυγχάνεται η ελάχιστη δυνατή ποσότητα υγρασίας στο λάδι και κατά συνέπεια και η μεγίστη δυνατή τιμή της διηλεκτρικής σταθεράς. Τα όρια για τις παραπάνω τιμές παρουσιάζονται σε παρακάτω πίνακα. Το όργανο με το οποίο η πραγματοποίησή του καθαρισμού των ελαίων είναι το DELAVAL.

Η αφύγρανση DELAVAL και ανασύσταση ελαίου Μετασχηματιστών προτείνεται να γίνεται ανά 5 έτη περίπου και ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας του κάθε Μετασχηματιστή. Με τη διαδικασία της αφύγρανσης DELAVAL και ανασύστασης ελαίου των Μετασχηματιστών βελτιώνονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του μονωτικού ελαίου των Μετασχηματιστών ισχύος και αυξάνουν το προσδόκιμο ζωής τους.

Η επεξεργασία του Μονωτικού ελαίου του Μετασχηματιστή γίνεται με κατάλληλο εξοπλισμό, ο οποίος συνδέεται με κατάλληλες σωληνώσεις με το Μετασχηματιστή. Το λάδι του Μετασχηματιστή εισερχόμενο στη συσκευή θερμαίνεται και μέσω της διατάξεως του κενού επιτυγχάνεται αφύγρανση. Στη συνέχεια το λάδι οδηγείται στην διάταξη των πολυβάθμιων φίλτρων, όπου παρακρατούνται τα διάφορα αιωρούμενα στερεά σωματίδια και τέλος επιστρέφει στο δοχείο.

Στο λάδι του Μετασχηματιστή κατά τη διαδικασία του κενού αφαιρούνται και τα διάφορα αέρια που είναι διαλυμένα μέσα σε αυτό (degassing) βελτιώνοντας έτσι την εφαιπτομένη δ (εφδ) του λαδιού.

Ανά τακτά χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια της ανακυκλοφορίας γίνονται μετρήσεις της Διηλεκτρικής Αντοχής του λαδιού, για να ελέγχεται η πορεία της αφύγρανσης.

Η θερμοκρασία του λαδιού, καθ' όλη τη διάρκεια της ανακυκλοφορίας διατηρείτε στα επιθυμητά επίπεδα με τη βοήθεια του θερμαντήρα μέσω κατάλληλων αντιστάσεων .

Η διαδικασία ολοκληρώνεται όταν η τιμή της Διηλεκτρικής Αντοχής φθάσει τα 60 KV/2,5 mm, σύμφωνα με τους Γερμανικούς Κανονισμούς VDE 370 1.& 2. /12.78.

Κεφάλαιο 3 – Κανονισμοί σχετικοί με τους μετασχηματιστές και όρια για λάδια μετασχηματιστών σε λειτουργία

3.1 Γενικά σχετικά με τους ευρωπαϊκούς κανονισμούς και διαδικασία καθιέρωσης κανονισμού

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, ο οργανισμός, ο οποίος ασχολείται με τη τυποποίηση του ηλεκτροτεχνικού εξοπλισμού είναι η CENELEC. Το Τεχνικό Συμβούλιο της επιβλέπει τις Τεχνικές Επιτροπές (TC), οι οποίες με τη σειρά τους οργανώνουν working groups, τα οποία συμφωνούν και συντάσσουν σχέδια κανονισμών.

Για τους μετασχηματιστές αρμόδια είναι η επιτροπή CLC / TC14 η οποία έχει επιφορτισθεί να εναρμονίσει τους κανονισμούς οι οποίοι αφορούν στους μετασχηματιστές, αυτομετασχηματιστές, αλλαγής σχέσης και τα παρελκόμενα των μετασχηματιστών, βάσει των κανονισμών της IEC. Πολλοί Ευρωπαϊκοί κανονισμοί, οι οποίοι αφορούν σε μετασχηματιστές, βασίζονται στους κανονισμούς της IEC.

Υπάρχουν ευρωπαϊκοί κανονισμοί, οι οποίοι δεν έχουν ισοδύναμο κανονισμό σε εθνικό επίπεδο και μπορεί να υπάρχουν κανονισμοί σε εθνικό επίπεδο, χωρίς όμως να αντιτίθενται στα Ευρωπαϊκά Πρότυπα (EN). Μερικοί ευρωπαϊκοί κανονισμοί έχουν πρόσθετες απαιτήσεις σε σχέση με τις απαιτήσεις της IEC. Όταν προτείνεται ένας κανονισμός, καλούνται οι Εθνικές Επιτροπές να ψηφίσουν αν είναι απαραίτητος ο κανονισμός και να ορίσουν εμπειρογνώμονες να λάβουν μέρος στην Ομάδα Εργασίας, που θα συντάξει το σχέδιο του κανονισμού. Όταν ένα σχέδιο ολοκληρωθεί, αποστέλλεται στις Εθνικές Επιτροπές το σχέδιο της Επιτροπής σύνταξης με τυχόν σχόλια. Όταν επιτευχθεί συμβιβαστικό κείμενο, τότε αυτό αποστέλλεται στις Εθνικές Επιτροπές για ψήφιση. Αν υπάρξει ικανοποιητικός αριθμός θετικών ψήφων και δεν είναι τόσο πολλές οι αρνητικές ψήφοι, τότε ο κανονισμός τίθεται σε ισχύ ευθύς ως δημοσιευθεί.

Οι σχετικές με τη συντήρηση Οδηγίες είναι ιδιαίτερα σημαντικές γιατί αυτές διαμορφώνουν την επιβαλλόμενη ποιότητα συντήρησης κατά τη λειτουργία και είναι δυνατόν να διατηρήσουν την αξιοπιστία και τα εγγυημένα χαρακτηριστικά των μετασχηματιστών.

3.2 Οι σχετικοί με τους μετασχηματιστές κανονισμοί

Διαδικασία καθιέρωσης κανονισμού

- Νέο προτεινόμενο θέμα της IEC
- Ομάδα Εργασία ή Ομάδα Συντήρησης
- Σχέδιο επιτροπής προς ψήφιση. Σχόλια Εθνικών Επιτροπών
- Τελικό σχέδιο κανονισμού. Τελική ψηφοφορία από τις Εθνικές Επιτροπές
- Μετάφραση
- Δημοσίευση
- Υιοθέτηση ως EN
- Υιοθέτηση ως κανονισμός μιας χώρας

3.3 Τιμές βασικών χαρακτηριστικών λαδιών μετά την πλήρωση του μετασχηματιστή (20kV/0,4kV) με λάδι πριν την ηλεκτρισή του

Στον πίνακα 4.1 παρουσιάζονται οι τιμές καθώς και τα χαρακτηριστικά των λαδιών του μετασχηματιστή όπως ορίζονται από το ευρωπαϊκό πρότυπο πριν από την ηλεκτρισή του.

Πίνακας 4.1

Ιδιότητες λαδιού	< 72,5 kV
1. Εμφάνιση	Καθαρό, χωρίς αιωρούμενα σωματίδια και ιζήματα
2. Δ.Α Kv / 2,5 mm	>55
3. Περιέχει υγρασία ppm	20*
4. Β.Ε. mgKOH / gr	0,030 max
5. tanδ 90C 40-60Hz**	0,015 max
6. Χρώμα ISO 2049	2,0 max
7. Ειδική αντιστ. 90C GΩ.m	60 min.
8. Επιφ. Τάση mN / m	35 min.
9. Σωματίδια***	5μ < 1000
10. Σταθερότητα στην οξείδωση	Ως IEC 60296
11. Συνολικό περιεχόμενο PCB's, ppm, μη ανιχνεύσιμο < 2 ppm συνολικά	< 2 ppm συνολικά

Παρατηρήσεις :

- * Για μετασχηματιστές τάσης < 72,5 kV η μέγιστη τιμή της περιεχόμενης υγρασίας θα συμφωνηθεί μεταξύ πωλητή και αγοραστή, ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες.
- ** Υψηλές τιμές tanδ δείχνουν υπερβολική μόλυνση, ή κακή χρήση στερεών υλικών που χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή και πρέπει να ερευνηθεί η κατάσταση.
- *** Ο προσδιορισμός του μεγέθους και της ποσότητας των σωματιδίων αποτελεί στοιχείο για μελλοντική σύγκριση στους μετασχηματιστές >72,5 kV.

3.4 Όρια για μονωτικά λάδια μετασχηματιστών σε λειτουργία

Στον πίνακα 4.2 παρουσιάζονται οι ιδιότητες, τα συνιστώμενα όρια, οι συνιστώμενες ενέργειες καθώς και κάποιες παρατηρήσεις που αφορούν τα μονωτικά λάδια ενός μετασχηματιστή σε λειτουργία.

Ιδιότητα	Συνιστώμενα όρια			Συνιστάμενες ενέργειες	Παρατηρήσεις
	Καλό	ανεκτό	πτωχό		
Εμφάνιση και χρώμα	καθαρό και χωρίς		σκοτεινό η/και θολό	όπως υποδεικνύουν άλλες δοκιμές	το σκοτεινό χρώμα είναι σύμπτωμα χημ. μόλυνσης ή γήρανσης, το θολό χρώμα είναι υψηλού περιεχομένου νερού
Τάση διάσπασης	>40	30 - 40	<30	καλό: συνεχίζεται η κανονική δειγματοληψία. ανεκτό: πιο συχνές δειγματοληψίες, έλεγχος και άλλων παραμέτρων π.χ. περιεχόμενο νερό, ξένα σωματίδια, και ίσως tanδ / ειδική αντίσταση πτωχό: καθαρισμός λαδιού η αντικατάσταση αν είναι οικονομική διότι άλλες δοκιμές δείχνουν προχωρημένη γήρανση	

Περιεχόμενη υγρασία 20C, ppm	<10	10 - 25	>25	<p>καλό: συνεχίζεται η κανονική δειγματοληψία.</p> <p>ανεκτό: πιο συχνές δειγματοληψίες, έλεγχος και άλλων παραμέτρων π.χ., τάση διάσπασης, ξένα σωματίδια και ίσως tapd / ειδική αντίσταση και βαθμός εξουδετέρωσης</p> <p>πτωχό: όπως στη τάση διάσπασης</p>
Βαθμός Εξουδετέρωσης	<0,15	0,15 - 0,30	> 0,30	<p>καλό: ως άνω</p> <p>ανεκτό: πιο συχνή</p> <p>κακό : Ξεκινώντας από τιμή ίση με 0,3 ο χρηστής μπορεί να κάνει ανάλυση για να δει την τάση των τιμών (trend analysis). Τότε μπορεί να αποφασίσει να καθαρίσει το λάδι ή, εναλλακτικά, να το αντικαταστήσει αν είναι πιο οικονομικό, εφόσον η ποσότητα είναι μικρότερη από 2000 λίτρα και το λάδι έχει προχωρημένη γήρανση σύμφωνα με άλλες μετρήσεις.</p>
Ίζημα και ιλύς	Να μην υπάρχει ίζημα ή ιλύς. Αποτέλεσμα κάτω από 0,02% στη μάζα θεωρείται αμελητέο		<p>Όπου ανιχνεύεται ίζημα εκτελείται καθαρισμός.</p> <p>Όπου ανιχνεύεται ιλύς εκτελείται καθαρισμός με χημικά μέσα.</p> <p>Εναλλακτικώς, αντικατάσταση</p>	<p>Δεν είναι συνήθης μέτρηση.</p> <p>Εκτελείται μόνο όταν ο βαθμός εξουδετέρωσης</p>

				του λαδιού, αν είναι οικονομικότερο ή το υποδεικνύουν άλλες μετρήσεις	και η tanδ είναι κάτω από τα όρια
Ειδική αντίσταση του λαδιού στους 20 C [GΩ.m]	>60	4-60	< 4	<p>καλό: συνεχίζεται η κανονική δειγματοληψία.</p> <p>ανεκτό: πιο συχνή δειγματοληψία. Έλεγχος και άλλων παραμέτρων</p> <p>πτωχό: καθαρισμός ή εναλλακτικώς αντικατάσταση, αν είναι πιο οικονομικό, διότι και άλλες μετρήσεις δείχνουν προχωρημένη γήρανση</p>	<p>μη συνήθης μέτρηση</p> <p>μη συνήθης μέτρηση</p>
Συντελεστής Διηλεκτρικών απωλειών για 40-60Hz στους 90C	0,1	0,1 - 0,5	>0,5	ανεκτό : ως άνω	

Σωματίδια πλήθος και μέγεθος				Αν η τάση διάσπασης και το περιεχόμενο νερό είναι κοντά ή έξω από το όριο για την κατάλληλη κατηγορία και το πλήθος είναι μεγαλύτερο από την περιοχή του αντίστοιχου μεγέθους, τότε το λάδι φιλτράρεται	Οι τιμές για τα σωματίδια βασίζονται σε στατιστική εκτίμηση.
Επιφανειακή τάση Mn/m	>28	22 - 28	<22	καλό: συνεχίζεται η κανονική δειγματοληψία ανεκτό: πιο συχνή δειγματοληψία πτωχό: έλεγχος παρουσίας Ιζήματος ή ιλύος	Δεν είναι συνήθης μέτρηση. Μπορεί να γίνει, όποτε θέλει κάποιος.
Σημείο ανάφλεξης		μέγιστη μείωση 13C Σε μερικές χώρες η νομοθεσία περί Υγείας και		Ίσως χρειάζεται επιθεώρηση ο εξοπλισμός. Έρευνα	Δεν είναι συνήθης μέτρηση. Μπορεί να χρειασθεί όταν παρατηρηθεί

	ασφάλειας ίσως έχουν υψηλότερο όριο		ασυνήθης οσμή όταν συμβεί σφάλμα ή όταν ο μετασχηματιστής επαναπληρωθεί
PCB			
περιεχόμενο βελτιωτικό inhibitor content	1. πρόσθετο 40- 60% της αρχικής τιμής, οξύτητα <0,06 και Επιφ. Τάση>30 2. πρόσθετο <40% της αρχικής τιμής	πρόσθεση προσθέτου μέχρι την αρχική ποσότητα Όταν το <0,05% αύξηση της συχνότητας παρακολούθησης	

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ :

1. Η δειγματοληψία έγινε κανονικά και η μεταφορά και αποθήκευση ήταν σύντομες.
2. Καμία ενέργεια δεν γίνεται επί τη βάσει ενός αποτελέσματος. Όλα τα αποτελέσματα πρέπει να επιβεβαιώνονται με επαναληπτικό δείγμα αν το αποτέλεσμα φαίνεται μη κανονικό, συγκρινόμενο με προηγούμενα αποτελέσματα.
3. Αν η τάση όσον αφορά στα σωματίδια είναι αυξητική, τότε είναι απαραίτητο να γίνει προσδιορισμός μετάλλων ή άλλων στοιχείων διαλυμένων στο λάδι.
4. Η δειγματοληψία η μεταφορά και οι μετρήσεις των μεγεθών έγιναν σύμφωνα με τους παρακάτω κανονισμούς:

α) Το χρώμα και η πυκνότητα περιγράφεται από

DIN 51517
ASTM D155

β) Η διηλεκτρική αντοχή περιγράφεται από IEC 156/ 95

γ) Η υγρασία περιγράφεται από IEC 814

δ) Η διεπιφανειακή τάση περιγράφεται από ASTM D971-91

ε) Η οξύτητα IEC 296

στ) Συντελεστής απωλειών ($\tan\delta$) και η ειδική αντίσταση από IEC247

5. Για την διεπιφανειακή τάση τα όρια που θα λάβω για την επεξεργασία των μετρήσεων θα είναι :

- Πτωχό < 15
- Ανεκτό 15 – 22
- Καλό > 22

6. Για το χρώμα τα όρια που θα λάβω για την επεξεργασία των μετρήσεων είναι :

- 1 - 1½ καλό
- 2 – 8 πτωχό.

3.5 Συνιστώμενα όρια για τα κύρια χαρακτηριστικά του λαδιού

Στον πίνακα 4.3 παρουσιάζονται τα συνιστώμενα όρια για τα κύρια χαρακτηριστικά του λαδιού όπως αυτά προκύπτουν από τα ευρωπαϊκά πρότυπα.

Πίνακας 4.3

Χαρακτηριστικά	Συνιστώμενα Όρια		
	καλό	ανεκτό	πτωχό
Διηλεκτρική Αντοχή	>40	30-40	<30
tanδ 90C	<0,1	0,1-0,5	>0,5
Βαθμός εξουδετέρωσης mgKOH/gr	<0,15	0,15-0,30	>0,30
Περιεχόμενη υγρασία ppm	<10	5-15	>25
Χρώμα / Εμφάνιση	καθαρό	----	σκούρο / θολό
Ίζημα / ιλύς	καθόλου		
Ειδική αντίσταση Gohm, m	>60	4-60	<4
Επιφανειακή τάση mN/m	>28	22-28	<22

3.6 Χρονικά διαστήματα μεταξύ δύο επιθεωρήσεων

Οι προτεινόμενες περίοδοι αναφέρονται σε συνηθισμένο πρόγραμμα συντήρησης. Οι περίοδοι γίνονται μικρότερες ανάλογα με την σπουδαιότητα του εξοπλισμού και αν οι μετρούμενες ιδιότητες του λαδιού δείχνουν ότι η κατάσταση του είναι ανεκτή ή πτωχή ή αν παρατηρείται τάση μη κανονικής γήρανσης. Οι περίοδοι γίνονται, επίσης, μικρότερες σε περίπτωση μολυσμένου με "PCB" λάδι ώστε να ελαχιστοποιηθεί κάθε δυνατή περιβαλλοντική επίδραση λόγω της κακής λειτουργίας του εξοπλισμού. Οι μετρήσεις πρέπει να εκτελούνται μετά την πλήρωση ή την επαναπλήρωση του μετασχηματιστή πριν την ενεργοποίησή του.

Η συχνότητα των βασικών μετρήσεων στα λάδια καθορίζονται από το πρόγραμμα συντήρησης του μετασχηματιστή. Συνήθως αυτή η συχνότητα είναι ένας χρόνος. Οι χρήστες μεγάλων μετασχηματιστών ελέγχουν τα λάδια πιο συχνά ενώ οι χρήστες μικρών μετασχηματιστών, Μέσης Τάσης (20 kV – 0,4 kV) διακινδυνεύουν να ελέγχουν τα λάδια αραιότερα. Η εκτίμηση του κινδύνου που διατρέχει ένας μετασχηματιστής από την αραιή συντήρηση έχει άμεση σχέση με την πιθανότητα βλάβης και τις συνέπειες.

3.7 Αναθεώρηση των κανονισμών

Οι κανονισμοί για τους μετασχηματιστές αποτελούν το απόσταγμα των γνώσεων και της πείρας και είναι η βάση της μελέτης συντήρησης, εκμετάλλευσης και παρακολούθησης της λειτουργικής κατάστασης του.

Δεδομένου ότι τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας επεκτείνονται και καθίστανται πολύπλοκα όλο και πιο πολύ, οι εξοπλισμοί τους προσαρμόζονται είτε με νέας τεχνολογίας είτε με ανακαίνιση.

Οποιαδήποτε όμως απόφαση τροποποίησης, ανακαίνισης ή αντικατάστασης του εξοπλισμού προϋποθέτει προδιαγραφές, κανονισμούς, πρότυπα και επειδή ενυπάρχει στην επιστήμη και στην τεχνολογία μεταξύ των άλλων η αναζήτηση και η πρόοδος [κατά την εκτίμηση πολλών, παράλληλα προς τις ωθούσες δυνάμεις (κέρδος – ισχύς)] και κατά την εκτίμηση άλλων για την εκτίμηση αναφυσόμενων αντικειμενικών αναγκών του κοινωνικού συνόλου, αναδύεται η ανάγκη αναθεώρησης των κανονισμών, των προτύπων και των προδιαγραφών. Όσον αφορά τους μετασχηματιστές οι αναφερόμενοι σε αυτούς κανονισμοί αναθεωρούνται κατά καιρούς προσαρμοσμένοι στις εκάστοτε ανάγκες.

Μολονότι οι ισχύοντες κανονισμοί για μετασχηματιστές και για τα λάδια τις ικανοποιούν τις σημερινές κατασκευές μετασχηματιστών εντούτοις μπορεί να λεχθεί ότι οι δοκιμές διάβρωσης, οι οποίες προβλέπονται στους ισχύοντες κανονισμούς για τα λάδια δεν καλύπτουν όλες τις περιπτώσεις, οι οποίες είναι δυνατόν να εμφανισθούν στα σημερινά μηχανήματα.

Στους κανονισμούς για τα μονωτικά λάδια των τελευταίων ετών το ενδιαφέρον εστιάζεται στη βελτίωση της σταθερότητας έναντι οξειδωσης. Ως εκ τούτου, οι κατασκευαστές μετασχηματιστών προσανατολίσθηκαν σε μετασχηματιστές κλειστού τύπου, οπότε δεν υπάρχει οξυγόνο στο εσωτερικό των μετασχηματιστών είναι όμως απρόβλεπτος ο κίνδυνος από τη διάβρωση του χαλκού.

Κεφάλαιο 4 – Περιγραφή διαδικασίας δειγματοληψίας – μετρήσεων & παράθεση αποτελεσμάτων μετρήσεων δειγμάτων

4.1 Μέθοδος δειγματοληψίας

Δειγματοληψία και μεταφορά του δείγματος : Η δειγματοληψία πρέπει να εκτελείται με προσοχή και σχολαστικότητα ώστε το δείγμα να διατηρήσει το χαρακτηριστικό και τις ιδιότητες του λαδιού από το οποίο προέρχεται :

- Κατά τη δειγματοληψία δεν πρέπει να υπάρχει σκόνη και υγρασία στο γύρω χώρο.
- Τα βοηθητικά μέσα για τη δειγματοληψία όπως και τα σημεία από όπου γίνεται αυτή πρέπει να καθαριστούν με επιμέλεια (πρέπει να αποφεύγεται η χρήση χνουδωτών υφασμάτων).
- Για τη μεταφορά του δείγματος πρέπει να χρησιμοποιούνται κατάλληλα δοχεία. Οι γυάλινες φιάλες με μακρύ λαιμό είναι τα πιο κατάλληλα δοχεία γιατί καθαρίζονται πολύ αποτελεσματικά και γιατί σε αυτές είναι εύκολα ορατά τα ξένα σωματίδια που πιθανόν να συγκεντρώνονται στο πυθμένα του δοχείου. Αν δεν υπάρχουν γυάλινες φιάλες μπορούν να χρησιμοποιηθούν, σαν ειδική περίπτωση, πλαστικές (πολυαιθυλένιο ή PVC). Τέτοιες φιάλες δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε δείγμα που προορίζεται για έλεγχο περιεχόμενου αερίου. Επίσης επιτρέπονται οι φιάλες αλουμινίου (χωρίς συγκολλήσεις) με διπλά πώματα, δηλαδή πώματα των οποίων το ένα μέρος να εξασφαλίζει τη στενότητα και το άλλο μέρος να εξασφαλίζει τη σταθερότητα (βιδωτό μέρος)/ Στις δειγματοληψίες της παρούσας διπλωματικής χρησιμοποιήθηκαν γυάλινες φιάλες με μακρύ λαιμό χωρητικότητας 2 lt.
- Τα δοχεία δειγματοληψίας καθαρίζονται, στεγνώνονται και φυλάσσονται αφού κλειστούν ερμητικά. Αμέσως πριν από τη χρησιμοποίησή τους πλένονται με λάδι από το μετασχηματιστή που θα ελεγχθεί.
- Το δείγμα προφυλάσσεται από την επίδραση του φωτός. Έτσι τα γυάλινα δοχεία πρέπει να περιβάλλονται με κάποιο μη διάφανο υλικό ή να τοποθετούνται σε ειδικό ξύλινο κλειστό κουτί ώστε το λάδι να προστατεύεται από το φως.
- Το δείγμα από το μετασχηματιστή πρέπει να παίρνεται ενώ το λάδι είναι ζεστό, αλλά πρέπει να δοθεί χρόνος στα ξένα σωματίδια να κατακαθίσουν. Η δειγματοληψία έγινε από τη βάνα που βρίσκεται στο κάτω μέρος του μετασχηματιστή. Πριν από την εκροή του λαδιού ελέγχεται το στόμιο του σχολαστικά για την καθαρότητα του. Στη συνέχεια αφήνουμε να εκρεύσει ποσότητα λαδιού περίπου 2 lt ώστε να απομακρυνθούν τυχόν υπάρχουσες ακαθαρσίες. Στη συνέχεια τοποθετείται η φιάλη κάτω από το στόμιο και πληρώνεται αργά ώστε να αποφευχθεί η δημιουργία φυσαλίδων. Το λάδι πρέπει να καταλάβει όλο το χώρο του δοχείου και να μην υπάρχει καθόλου αέρας μεταξύ του πάνω μέρους του δείγματος (λαδιού) και του πώματος. [2]

Με ανάλογες διαδικασίες πραγματοποιείται και η δειγματοληψία αερίων από μετασχηματιστές ισχύος προκειμένου να προσδιοριστεί η βασική αιτία δημιουργίας του εκάστου σπινθήρα στο εσωτερικό του μετασχηματιστή.

- Στο πάνω μέρος της βάνας του εξαρτήματος boxoltz, όπου συνήθως συσσωρεύονται τα δημιουργημένα αέρια τοποθετούμε την κατάλληλη συσκευή (σύριγγα) για την περισυλλογή των αερίων από την ειδική εξαεριστική βάνα του.

4.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων μετρήσεων των δειγμάτων.

4.2.1 Προσδιορισμός πλήθους και είδος δειγμάτων

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε χρήση 10 δειγμάτων από κέντρα διανομής του δικτύου της ΔΕΗ μετασχηματιστών ισχύος 150kV/21kV ισχύς απόδοσης 50MVA και 100MVA. Η δειγματοληψία και οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με βάση τη διαδικασία που αναφέρεται στην παραπάνω παράγραφο και ακολουθώντας τους ευρωπαϊκούς κανονισμούς που έχουμε προαναφέρει. Οι μετασχηματιστές από τους οποίους έγινε η λήψη των δοκιμίων του λαδιού βρίσκονται υπό τάση στο δίκτυο διανομής της Δ.Ε.Η στη Διεύθυνση Περιφέρειας Αττικής (Δ.Π.Α.).

Για την αξιολόγηση των προς εξέταση μετασχηματιστών τα δείγματα εξετάστηκαν κάνοντας χρήση τόσο της Αεροχρωματογραφικής Ανάλυσης Αερίων του Μ/Σ όσο και της Φυσικοχημικής Ανάλυσης ελαίων του Μ/Σ.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ανά μετασχηματιστή και διαδοχικά παραθέτονται και οι δύο τρόποι αξιολόγησης των ελαίων.

ΑΕΡΙΟΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΕΡΙΩΝ Μ/Σ

ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ: Κ/Δ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΑΥΞ. ΑΡΙΘΜΟΣ: 2

ΕΙΔΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ: Μ/Σ Ν1

ΗΜΕΡ.ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ:
20/2/2018

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ: TRAFU UNION
ΑΡΙΘ.ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ : S 250179

ΥΠ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ:

ΗΜΕΡ. ΑΝΑΛΥΣΗΣ:
21/2/2018

ΤΑΣΗ: 150/21 KV

ΥΠ.ΑΝΑΛΥΣΗΣ:

ΙΣΧΥΣ: 100 MVA

ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ:
TOP TANK

ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: 1974

ΣΥΝΔ/ΓΙΑ : ΥΝΥπο

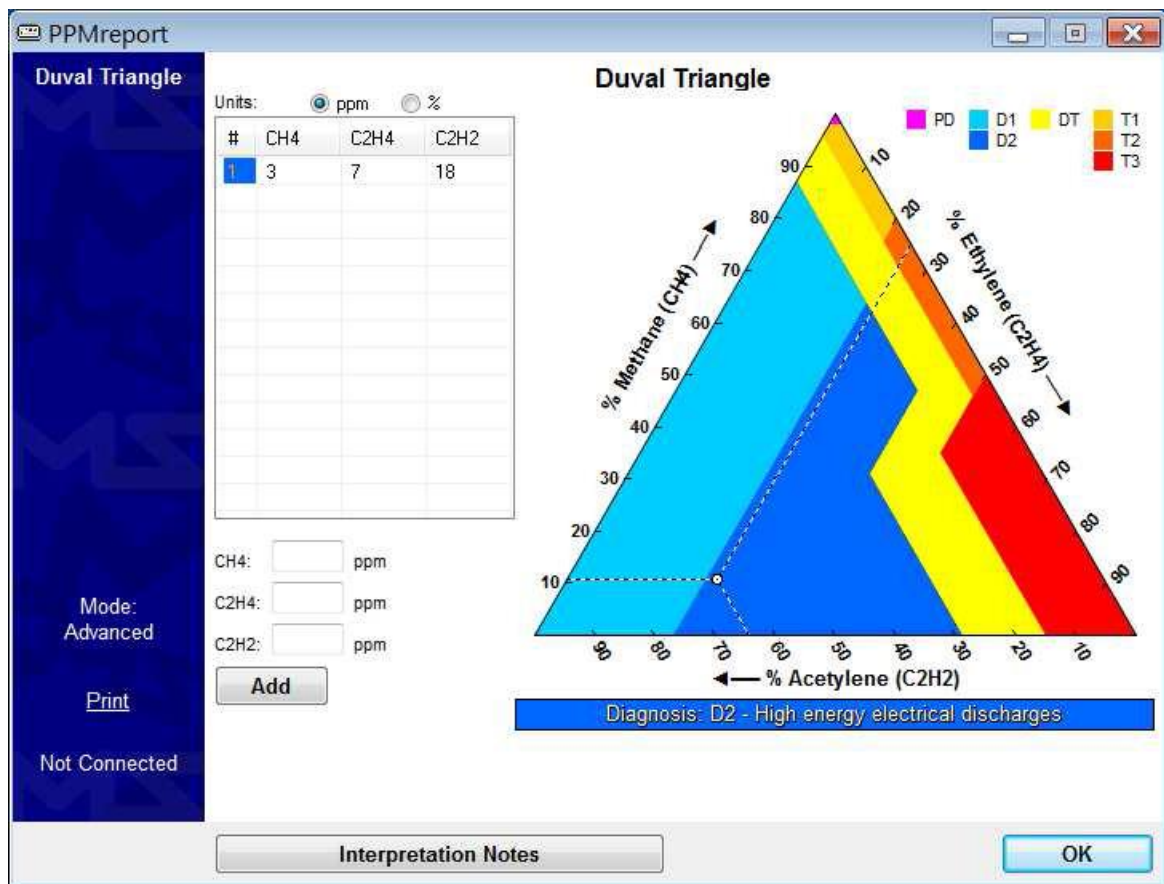
ΘΕΡΜΟΚ. ΛΑΔΙΟΥ: 40 °C

H2(ΥΔΡΟΓΟΝΟ) : 0	ppm	TDG	:-	%
CH4 (ΜΕΘΑΝΙΟ) : 3	ppm	TDCG	:	144 mg/l
CO (Μ. ΑΝΘΡΑΚΑ) : 98	ppm	THCG(O2N2)	:-	%
CO2(Δ.ΑΝΘΡΑΚΑ) : 1682	ppm	THCG(Pressure)	:-	%
C2H4 (ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ) : 7	ppm			
C2H6 (ΑΙΘΑΝΙΟ) : 18	ppm			
C2H2(ΑΚΕΤΥΛΕΝΙΟ): 18	ppm			
O2 (ΟΞΥΓΟΝΟ) :	ppm			
N2 (ΑΖΩΤΟ) :	ppm			

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Τιμές εντός φυσιολογικών ορίων

ΛΟΓΟΙ ROGERS : R2:C2H2/C2H4 =2,57 , R1:CH4/ H2 =N/A , R5 :C2H4/C2H6 =0,39

CO2/CO= 17,16



ΔΙΑΓΝΩΣΗ : Υψηλής ενέργειας ηλεκτρικές φορτίσεις

ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΛΑΙΟΥ Μ/Σ

ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ : Κ/Δ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΗΜΕΡ. ΕΛΕΓΧΟΥ: 25-2-2018

Μ/Σ Νο: 1 ΙΣΧΥΣ: 100 ΜΒΑ

ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ: IEC 60475

ΤΥΠΟΣ Μ/Σ: TRAFU UNION

ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ: ΚΑΤΩ ΒΑΝΑ ΣΩΜΑ

ΤΑΣΗ: 150/21KV / ΕΤΟΣ ΚΑΤ.1974

ΣΥΝΕΡΓΕΙΟ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ:

Α/ΑΡ. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: S 250179

ΗΜΕΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 20-2-18

Α/Α	Φυσικοχημικές Αναλύσεις				Πρότυπα	Μονάδες	Τιμή	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΛΑΔΙΟΥ ΓΙΑ Μ/Σ ΜΕ $U_N > 72.5$ kV κατά IEC 60422		
								ΚΑΛΟ	ΑΝΕΚΤΟ	ΠΤΩΧΟ
1	ΧΡΩΜΑ				ASTM D1500	-	3	<2		>2
2	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (20 °C)				DIN 51757	g/cm ³	0.872	≤0,895		
3	ΥΓΡΑΣΙΑ				IEC 60814	ppm	4.8	<20	20-30	>30
4	ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ				IEC 60156/95	kV	84.7	>50	40-50	<40
	1)84.3	2)86.1	3)85.0	SD)						
	4)83.9	5)91.4	6)77.3							
5	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ (εφδ) (90 °C, 40 ÷ 60 Hz)				IEC 60247	-	0.03385	<0,10	0,10-0,50	>0,50
6	ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ (ρ) (90 °C)				IEC 60247	GΩm	6.5	>3	0,2-3	<0,2
7	ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΤΑΣΗ	Inhibited		ASTM D971-91	mN/m	20.1	>28	22-28	<22	
8	ΟΞΥΤΗΤΑ				IEC 60296	mg KOH/gr	0.06	<0,10	0,10-0,20	>0,20
9	ΔΕΙΚΤΗΣ ΜΕΥΕΡ (ΔΠΜ=ΕΤ/ΒΕ)						335	Κατηγορία	ΔΜΠ	
10	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΜΟΝΩΤΙΚΟΥ ΕΛΑΙΟΥ							1. Καλά	300-1500	
								2. Μέτρια	271-600	
								3. Αμφισβητούμενα	160-318	
								4. Κακά	45-159	
								5. Πολύ κακά	22-44	
								6. Εξαιρετικά κακά	6-21	
								7. Κατεστραμμένα	-	

Θερμοκρασία αναλύσεων ελαίου 21 °C

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

ΑΕΡΙΟΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΕΡΙΩΝ Μ/Σ

ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ: **Κ/Δ ΠΕΙΡΑΙΑ**

ΑΥΞ. ΑΡΙΘΜΟΣ: **2**

ΕΙΔΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ: **Μ/Σ Ν2**

ΗΜΕΡ.ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ:
20/2/2018

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ: **TRAFU UNION**
ΑΡΙΘ.ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ : **S 250118**

ΥΠ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ:

ΗΜΕΡ. ΑΝΑΛΥΣΗΣ:
21/2/2018

ΤΑΣΗ: **150/21 KV**

ΥΠ.ΑΝΑΛΥΣΗΣ:

ΙΣΧΥΣ: **100 MVA**

ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ:
TOP TANK

ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: **1974**

ΣΥΝΔ/ΓΙΑ : **ΥΝγγο**

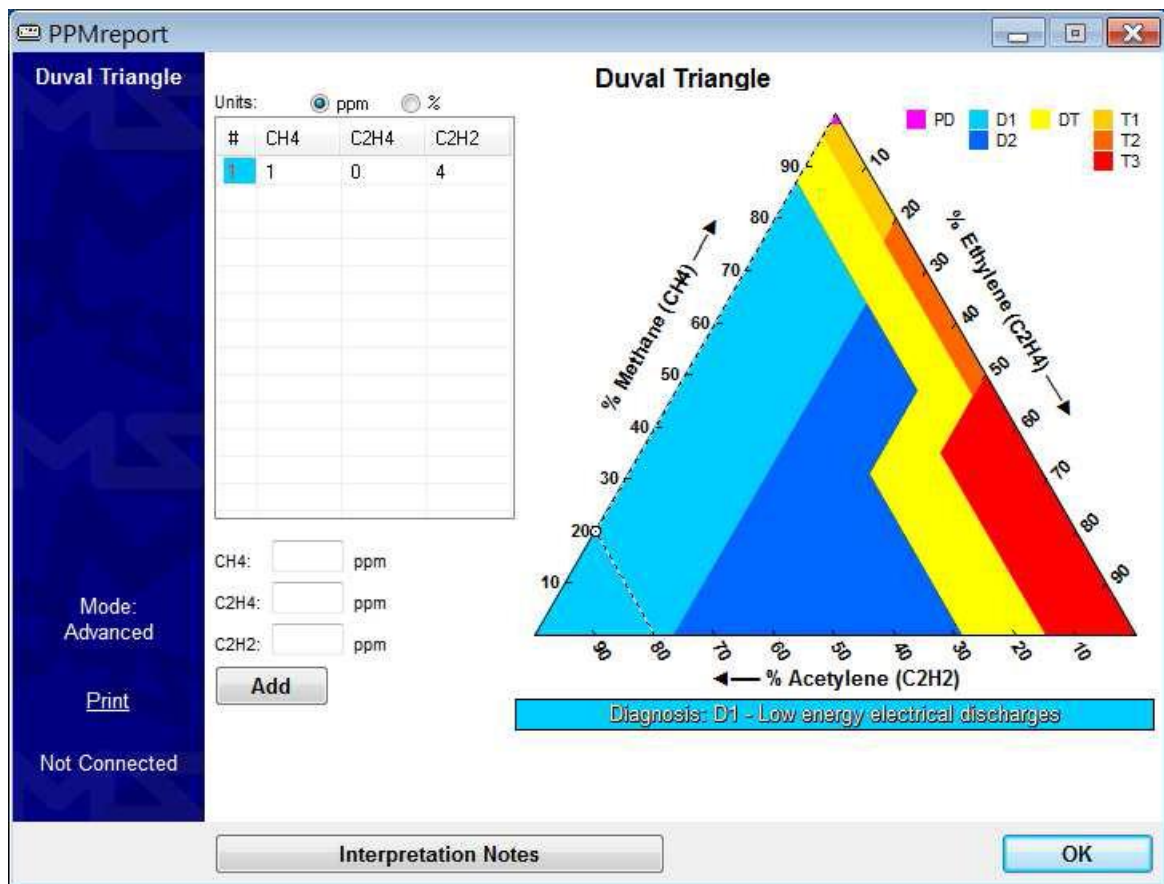
ΘΕΡΜΟΚ. ΛΑΔΙΟΥ: **38 °C**

H2(ΥΔΡΟΓΟΝΟ) : 13	ppm	TDG	:-	%
CH4 (ΜΕΘΑΝΙΟ) : 1	ppm	TDCG	:	131 mg/l
CO (Μ. ΑΝΘΡΑΚΑ) : 113	ppm	THCG(O2N2)	:-	%
CO2(Δ.ΑΝΘΡΑΚΑ) : 1838	ppm	THCG(Pressure)	:-	%
C2H4 (ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ) : 0	ppm			
C2H6 (ΑΙΘΑΝΙΟ) : 0	ppm			
C2H2(ΑΚΕΤΥΛΕΝΙΟ): 4	ppm			
O2 (ΟΞΥΓΟΝΟ) :	ppm			
N2 (ΑΖΩΤΟ) :	ppm			

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Τιμές εντός φυσιολογικών ορίων

ΛΟΓΟΙ ROGERS : R2:C2H2/C2H4 =N/A , R1:CH4/ H2 =0,08 , R5 :C2H4/C2H6 =0

CO2/CO= 16,3



ΔΙΑΓΝΩΣΗ : Χαμηλής ενέργειας ηλεκτρικές φορτίσεις

ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΛΑΙΟΥ Μ/Σ

ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ : Κ/Δ ΠΕΙΡΑΙΑ	ΗΜΕΡ. ΕΛΕΓΧΟΥ: 23-2-2018
Μ/Σ Νο: 2 ΙΣΧΥΣ: 100 ΜΒΑ	ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ: IEC 60475
ΤΥΠΟΣ Μ/Σ: ΤΡΑΦΟ UNION	ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ: ΚΑΤΩ ΒΑΝΑ ΣΩΜΑ
ΤΑΣΗ: 150/21KV / ΕΤΟΣ ΚΑΤ.1974	ΣΥΝΕΡΓΕΙΟ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ:
Α/ΑΡ. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: 250118	ΗΜΕΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 20-2-18

Α/Α	Φυσικοχημικές Αναλύσεις				Πρότυπα	Μονάδες	Τιμή	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΛΑΔΙΟΥ ΓΙΑ Μ/Σ ΜΕ $U_N > 72.5$ kV κατά IEC 60422		
								ΚΑΛΟ	ΑΝΕΚΤΟ	ΠΤΩΧΟ
1	ΧΡΩΜΑ				ASTM D1500	-	3	<2		>2
2	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (20 °C)				DIN 51757	g/cm ³	0.871	≤0,895		
3	ΥΓΡΑΣΙΑ				IEC 60814	ppm	7.0	<20	20-30	>30
4	ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ				IEC 60156/95	kV	83.3	>50	40-50	<40
	1)73.8	2)80.4	3)87.9	SD)						
	4)75.9	5)87.1	6)94.6							
5	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ (εφδ) (90 °C, 40 ÷ 60 Hz)				IEC 60247	-	0.02974	<0,10	0,10-0,50	>0,50
6	ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ (ρ) (90 °C)				IEC 60247	GΩm	7.5	>3	0,2-3	<0,2
7	ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΤΑΣΗ	Inhibited		ASTM D971-91	mN/m	19.7	>28	22-28	<22	
8	ΟΞΥΤΗΤΑ				IEC 60296	mg KOH/gr	0.05	<0,10	0,10-0,20	>0,20
9	ΔΕΙΚΤΗΣ ΜΕΥΕΡ (ΔΠΜ=ΕΤ/ΒΕ)						394	Κατηγορία		ΔΜΠ
10	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΜΟΝΩΤΙΚΟΥ ΕΛΑΙΟΥ							1. Καλά		300-1500
								2. Μέτρια		271-600
								3. Αμφισβητούμενα		160-318
								4. Κακά		45-159
								5. Πολύ κακά		22-44
								6. Εξαιρετικά κακά		6-21
								7. Κατεστραμμένα		-

Θερμοκρασία αναλύσεων ελαίου 20 °C

ΑΕΡΙΟΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΕΡΙΩΝ Μ/Σ

ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ: **Κ/Δ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ**

ΑΥΞ. ΑΡΙΘΜΟΣ: 2

ΕΙΔΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ: Μ/Σ Ν2Α

ΗΜΕΡ.ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ:
27/3/2018

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ: **ASGEN**
ΑΡΙΘ.ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ : **25982**

ΥΠ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ:

ΤΑΣΗ: 150/22 ΚV

ΗΜΕΡ. ΑΝΑΛΥΣΗΣ:
29/3/2018

ΙΣΧΥΣ: 66 ΜVΑ

ΥΠ.ΑΝΑΛΥΣΗΣ:

ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: 1967

ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ:
TOP TANK

ΣΥΝΔ/ΓΙΑ : Yz1

ΘΕΡΜΟΚ. ΛΑΔΙΟΥ: 37 °C

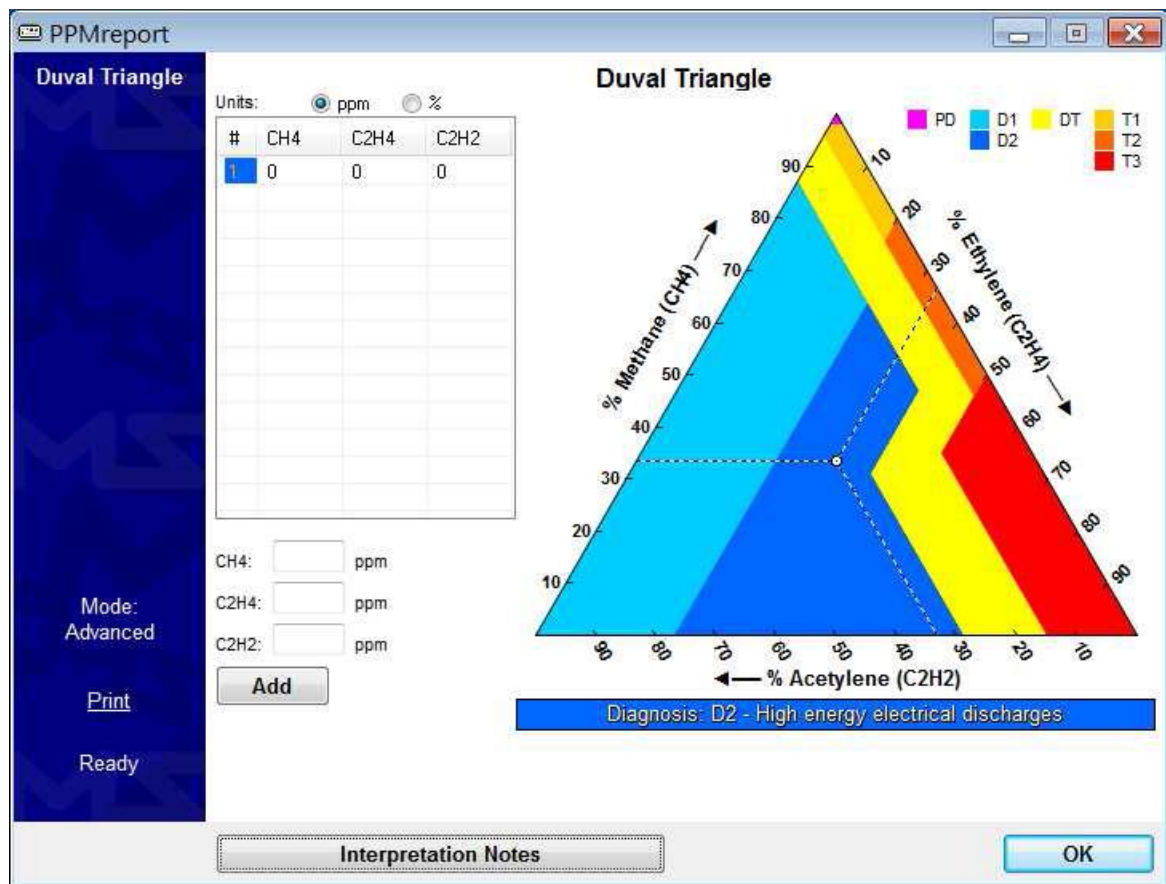
H2(ΥΔΡΟΓΟΝΟ) : 0	ppm	TDG	:-	0.03 %
CH4 (ΜΕΘΑΝΙΟ) : 0	ppm	TDCG	:	314 mg/l
CO (Μ. ΑΝΘΡΑΚΑ) :311	ppm	THCG(O2N2)	:-	%
CO2(Δ.ΑΝΘΡΑΚΑ) :3334	ppm	THCG(Pressure)	:-	%
C2H4 (ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ) : 0	ppm			
C2H6 (ΑΙΘΑΝΙΟ) : 0	ppm			
C2H2(ΑΚΕΤΥΛΕΝΙΟ): 3	ppm			
O2 (ΟΞΥΓΟΝΟ) :	ppm			
N2 (ΑΖΩΤΟ) :	ppm			

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Συγκριτικά με την προηγούμενη μέτρηση της 17/9/17, έχει μειωθεί η περιεκτικότητα αερίου του CO2.

Τιμές εντός φυσιολογικών ορίων

ΛΟΓΟΙ ROGERS : R2_C2H2/C2H4 = N/A , R1_CH4/ H2 = N/A , R5 _ C2H4/C2H6 = N/A

CO2/CO=10,7



ΔΙΑΓΝΩΣΗ : Υψηλής ενέργειας ηλεκτρικές φορτίσεις

ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΛΑΙΟΥ Μ/Σ

ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ : Κ/Δ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ Μ/Σ Νο: 2Α ΙΣΧΥΣ: 66 ΜΒΑ ΤΥΠΟΣ Μ/Σ: ASGEN ΤΑΣΗ: 150/22KV / ΕΤΟΣ ΚΑΤ.1967 Α/ΑΡ. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: 25982	ΗΜΕΡ. ΕΛΕΓΧΟΥ: 30-3-2018 ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ: IEC 60475 ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ: ΚΑΤΩ ΒΑΝΑ ΣΩΜΑ ΣΥΝΕΡΓΕΙΟ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ: ΗΜΕΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 27-3-18
--	--

Α/Α	Φυσικοχημικές Αναλύσεις				Πρότυπα	Μονάδες	Τιμή	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΛΑΔΙΟΥ ΓΙΑ Μ/Σ ΜΕ $U_N > 72.5$ kV κατά IEC 60422		
								ΚΑΛΟ	ΑΝΕΚΤΟ	ΠΤΩΧΟ
1	ΧΡΩΜΑ				ASTM D1500	-	1.5 ⁺	<2		>2
2	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (20 °C)				DIN 51757	g/cm ³	0.870	≤0,895		
3	ΥΓΡΑΣΙΑ				IEC 60814	ppm	4.5	<20	20-30	>30
4	ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ				IEC 60156/95	kV	87.1	>50	40-50	<40
	1)93.2	2)88.8	3)83.4	SD)						
	4)87.3	5)88.4	6)81.5							
5	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ (εφδ) (90 °C, 40 ÷ 60 Hz)				IEC 60247	-	0.01237	<0,10	0,10-0,50	>0,50
6	ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ (ρ) (90 °C)				IEC 60247	GΩm	20.8	>3	0,2-3	<0,2
7	ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΤΑΣΗ	Inhibited		ASTM D971-91	mN/m	26.4	>28	22-28	<22	
8	ΟΞΥΤΗΤΑ				IEC 60296	mg KOH/gr	0.03	<0,10	0,10-0,20	>0,20
9	ΔΕΙΚΤΗΣ ΜΕΥΕΡ (ΔΠΜ=ΕΤ/ΒΕ)						880	Κατηγορία		ΔΜΠ
10	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΜΟΝΩΤΙΚΟΥ ΕΛΑΙΟΥ							1. Καλά		300-1500
								2. Μέτρια		271-600
								3. Αμφισβητούμενα		160-318
								4. Κακά		45-159
								5. Πολύ κακά		22-44
								6. Εξαιρετικά κακά		6-21
								7. Κατεστραμμένα		-

Θερμοκρασία αναλύσεων ελαίου 23 °C

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ Έντονες διαρροές ελαίου.

ΑΕΡΙΟΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΕΡΙΩΝ Μ/Σ

ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ: **Κ/Δ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ**

ΑΥΞ. ΑΡΙΘΜΟΣ: 2

ΕΙΔΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ: Μ/Σ Ν2Β

ΗΜΕΡ.ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ:
27/3/2018

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ: ΒΗΕΛ
ΑΡΙΘ.ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ : 6005410

ΥΠ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ:

ΗΜΕΡ. ΑΝΑΛΥΣΗΣ:
29/3/2018

ΤΑΣΗ: 150/21 KV

ΥΠ.ΑΝΑΛΥΣΗΣ:

ΙΣΧΥΣ: 100 MVA

ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ:
TOP TANK

ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: 1995

ΣΥΝΔ/ΓΙΑ : ΥΝΟγno

ΘΕΡΜΟΚ. ΛΑΔΙΟΥ: 37 °C

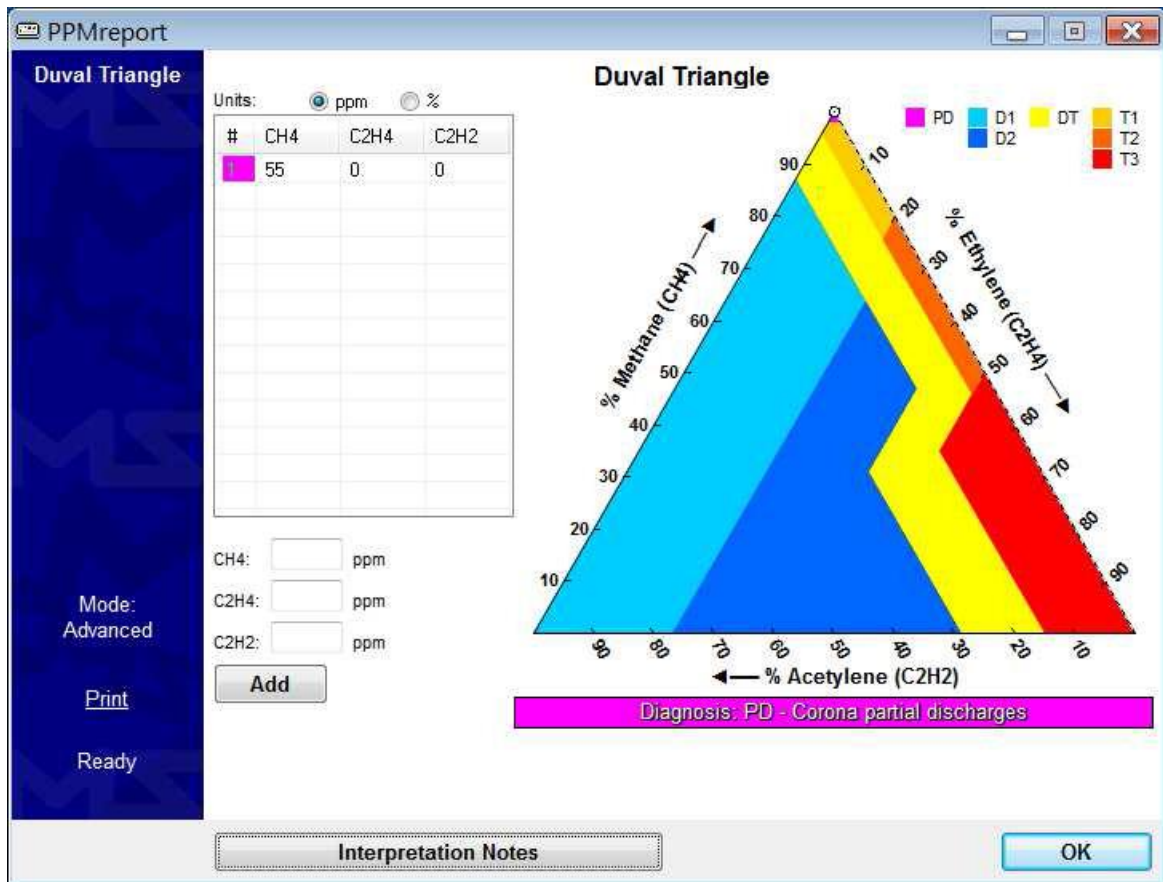
H2(ΥΔΡΟΓΟΝΟ) : 30	ppm	TDG	:-	0.04 %
CH4 (ΜΕΘΑΝΙΟ) : 55	ppm	TDCG	:	423 mg/l
CO (Μ. ΑΝΘΡΑΚΑ) :326	ppm	THCG(O2N2)	:-	%
CO2(Δ.ΑΝΘΡΑΚΑ) :2836	ppm	THCG(Pressure)	:-	%
C2H4 (ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ) : 0	ppm			
C2H6 (ΑΙΘΑΝΙΟ) : 12	ppm			
C2H2(ΑΚΕΤΥΛΕΝΙΟ): 0	ppm			
O2 (ΟΞΥΓΟΝΟ) :	ppm			
N2 (ΑΖΩΤΟ) :	ppm			

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Συγκριτικά με την προηγούμενη μέτρηση της 1/10/15, έχει μειωθεί η περιεκτικότητα αερίου του CO2.

Τιμές εντός φυσιολογικών ορίων

ΛΟΓΟΙ ROGERS : R2_C2H2/C2H4 =N/A , R1_CH4/ H2 =1.8 , R5 _ C2H4/C2H6 = 0

CO2/CO= 8,7



ΔΙΑΓΝΩΣΗ : Μερικές εκφορτίσεις, φαινόμενο Corona.

ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΛΑΙΟΥ Μ/Σ

ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ : Κ/Δ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ Μ/Σ Νο: 2B ΙΣΧΥΣ: 100 ΜVA ΤΥΠΟΣ Μ/Σ: ΒΗΕΛ ΤΑΣΗ: 150/20KV / ΕΤΟΣ ΚΑΤ.1995 Α/ΑΡ. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: 6005410	ΗΜΕΡ. ΕΛΕΓΧΟΥ: 30-3-2018 ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ: IEC 60475 ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ: ΚΑΤΩ ΒΑΝΑ ΣΩΜΑ ΣΥΝΕΡΓΕΙΟ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ: ΗΜΕΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 27-3-18
--	--

Α/Α	Φυσικοχημικές Αναλύσεις				Πρότυπα	Μονάδες	Τιμή	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΛΑΔΙΟΥ ΓΙΑ Μ/Σ ΜΕ $U_N > 72.5$ kV κατά IEC 60422		
								ΚΑΛΟ	ΑΝΕΚΤΟ	ΠΤΩΧΟ
1	ΧΡΩΜΑ				ASTM D1500	-	2 ⁺	<2		>2
2	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (20 °C)				DIN 51757	g/cm ³	0.885	≤0,895		
3	ΥΓΡΑΣΙΑ				IEC 60814	ppm	4.5	<20	20-30	>30
4	ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ				IEC 60156/95	kV	82.1	>50	40-50	<40
	1)75.4	2)85.2	3)86.7	SD)						
	4)78.3	5)86.7	6)80.7							
5	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ (εφδ) (90 °C, 40 ÷ 60 Hz)				IEC 60247	-	0.02910	<0,10	0,10-0,50	>0,50
6	ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ (ρ) (90 °C)				IEC 60247	GΩm	10	>3	0,2-3	<0,2
7	ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΤΑΣΗ	Inhibited		ASTM D971-91	mN/m	32.1	>28	22-28	<22	
8	ΟΞΥΤΗΤΑ				IEC 60296	mg KOH/gr	0.02	<0,10	0,10-0,20	>0,20
9	ΔΕΙΚΤΗΣ ΜΕΥΕΡ (ΔΠΜ=ΕΤ/ΒΕ)						1605	Κατηγορία		ΔΜΠ
10	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΜΟΝΩΤΙΚΟΥ ΕΛΑΙΟΥ							1. Καλά	300-1500	
								2. Μέτρια	271-600	
								3. Αμφισβητούμενα	160-318	
								4. Κακά	45-159	
								5. Πολύ κακά	22-44	
								6. Εξαιρετικά κακά	6-21	
								7. Κατεστραμμένα	-	

Θερμοκρασία αναλύσεων ελαίου 23 °C

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ Έντονες διαρροές ελαίου.

ΑΕΡΙΟΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΕΡΙΩΝ Μ/Σ

ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ: **Κ/Δ ΠΕΙΡΑΙΑ**

ΑΥΞ. ΑΡΙΘΜΟΣ: 2

ΕΙΔΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ: Μ/Σ Ν3

ΗΜΕΡ.ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ:
20/2/2018

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ: **BHEL**
ΑΡΙΘ.ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ : **6005411**

ΥΠ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ:

ΤΑΣΗ: 150/21 KV

ΗΜΕΡ. ΑΝΑΛΥΣΗΣ:
21/2/2018

ΙΣΧΥΣ: 100 MVA

ΥΠ.ΑΝΑΛΥΣΗΣ:

ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: 1995

ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ:
TOP TANK

ΣΥΝΔ/ΓΙΑ : ΥΝΟγno

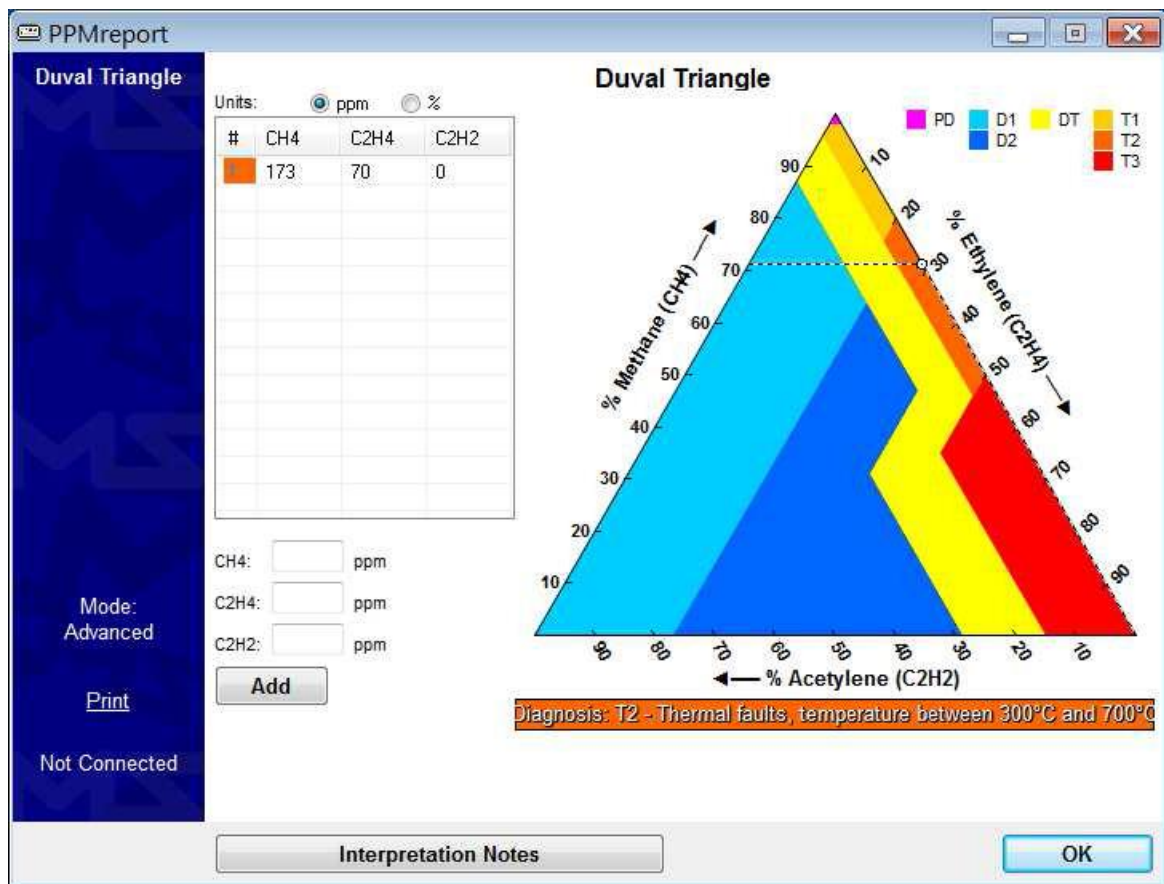
ΘΕΡΜΟΚ. ΛΑΔΙΟΥ: 28 °C

H2(ΥΔΡΟΓΟΝΟ) : 52	ppm	TDG	:-	%
CH4 (ΜΕΘΑΝΙΟ) : 173	ppm	TDCG	:	131 mg/l
CO (Μ. ΑΝΘΡΑΚΑ) : 139	ppm	THCG(O2N2)	:-	%
CO2(Δ.ΑΝΘΡΑΚΑ) : 1918	ppm	THCG(Pressure)	:-	%
C2H4 (ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ) : 70	ppm			
C2H6 (ΑΙΘΑΝΙΟ) : 86	ppm			
C2H2(ΑΚΕΤΥΛΕΝΙΟ): 0	ppm			
O2 (ΟΞΥΓΟΝΟ) :	ppm			
N2 (ΑΖΩΤΟ) :	ppm			

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Συγκριτικά με την προηγούμενη μέτρηση της 3/8/15 παρατηρήθηκε μείωση περιεκτικότητας των H2, CH4, CO, CO2 και αύξηση των C2H6 και C2H4.

ΛΟΓΟΙ ROGERS : R2:C2H2/C2H4 =N/A , R1:CH4/ H2 =3,3 , R5 :C2H4/C2H6 =0,81

CO2/CO= 13,8



ΔΙΑΓΝΩΣΗ : Θερμικό σφάλμα, θερμοκρασία μεταξύ 300 °C - 700 °C

ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΛΑΙΟΥ Μ/Σ

ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ : Κ/Δ ΠΕΙΡΑΙΑ

Μ/Σ Νο: 3 ΙΣΧΥΣ: 100 ΜΒΑ

ΤΥΠΟΣ Μ/Σ: ΒΗΕΛ

ΤΑΣΗ: 150/21KV / ΕΤΟΣ ΚΑΤ.1995

Α/ΑΡ. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: 6005411

ΗΜΕΡ. ΕΛΕΓΧΟΥ: 23-2-2018

ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ: IEC 60475

ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ: ΚΑΤΩ ΒΑΝΑ ΣΩΜΑ

ΣΥΝΕΡΓΕΙΟ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ:

ΗΜΕΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 20-2-18

Α/Α	Φυσικοχημικές Αναλύσεις				Πρότυπα	Μονάδες	Τιμή	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΛΑΔΙΟΥ ΓΙΑ Μ/Σ ΜΕ $U_N > 72.5$ kV κατά IEC 60422		
								ΚΑΛΟ	ΑΝΕΚΤΟ	ΠΤΩΧΟ
1	ΧΡΩΜΑ				ASTM D1500	-	2	<2		>2
2	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (20 °C)				DIN 51757	g/cm ³	0.889	≤0,895		
3	ΥΓΡΑΣΙΑ				IEC 60814	ppm	4.0	<20	20-30	>30
4	ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ				IEC 60156/95	kV	83.9	>50	40-50	<40
	1)80.4	2)80.5	3)90.2	SD)						
	4)87.1	5)82.5	6)82.4							
5	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ (εφδ) (90 °C, 40 ÷ 60 Hz)				IEC 60247	-	0.04115	<0,10	0,10-0,50	>0,50
6	ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ (ρ) (90 °C)				IEC 60247	GΩm	11	>3	0,2-3	<0,2
7	ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΤΑΣΗ		Inhibited		ASTM D971- 91	mN/m	31.4	>28	22-28	<22
8	ΟΞΥΤΗΤΑ				IEC 60296	mg ΚΟΗ/gr	0.03	<0,10	0,10-0,20	>0,20
9	ΔΕΙΚΤΗΣ ΜΕΥΕΡ (ΔΠΜ=ΕΤ/ΒΕ)						1047	Κατηγορία		ΔΜΠ
10	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΜΟΝΩΤΙΚΟΥ ΕΛΑΙΟΥ							1. Καλά		300-1500
								2. Μέτρια		271-600
								3. Αμφισβητούμενα		160-318
								4. Κακά		45-159
								5. Πολύ κακά		22-44
								6. Εξαιρετικά κακά		6-21
								7. Κατεστραμμένα		-

Θερμοκρασία αναλύσεων ελαίου 22 °C

ΑΕΡΙΟΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΕΡΙΩΝ Μ/Σ

ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ: **Κ/Δ ΦΑΛΗΡΟΥ**

ΑΥΞ. ΑΡΙΘΜΟΣ: 2

ΕΙΔΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ: Μ/Σ Ν1

ΗΜΕΡ.ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ:
25/01/2018

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ: **ALSTOM**

ΥΠ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ:

ΑΡ.ΣΕΙΡΑΣ: 91256

ΗΜΕΡ. ΑΝΑΛΥΣΗΣ:
26/01/2018

ΤΑΣΗ: 150/21 KV

ΥΠ.ΑΝΑΛΥΣΗΣ:

ΙΣΧΥΣ: 50 MVA

ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ:
TOP TANK

ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: 2003

ΣΥΝΔ/ΓΙΑ : ΥΝΟγνο

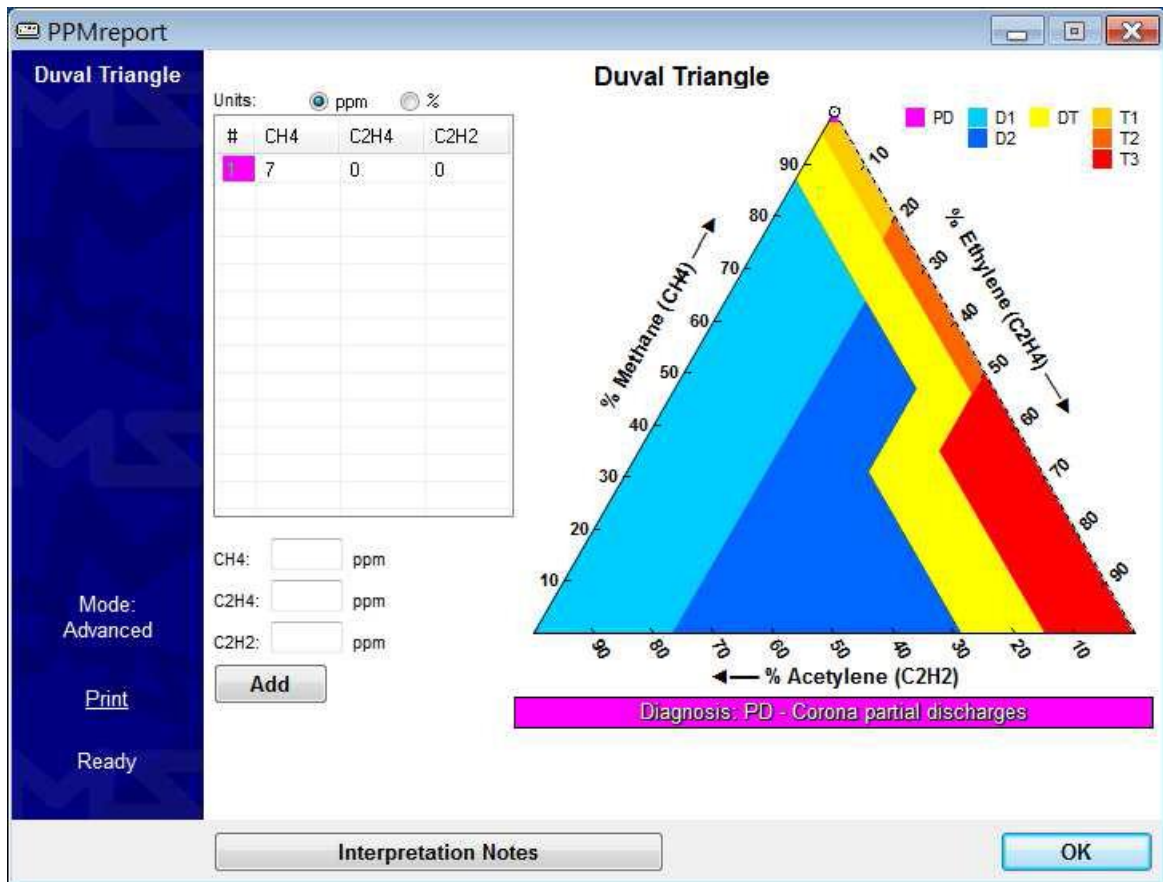
ΘΕΡΜΟΚ. ΛΑΔΙΟΥ: 54 °C

H2(ΥΔΡΟΓΟΝΟ) : 23	ppm	TDG :-	247 mg/l
CH4 (ΜΕΘΑΝΙΟ) : 7	ppm	TDCG :	0.02 %
CO (ΜΟΝ. ΑΝΘΡΑΚΑ) : 217	ppm	THCG(O2N2) :-	%
CO2(Δ.ΑΝΘΡΑΚΑ): 9085	ppm	THCG(Pressure) :-	%
C2H4 (ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ) : 0	ppm		
C2H6 (ΑΙΘΑΝΙΟ) : 0	ppm		
C2H2(ΑΚΕΤΥΛΕΝΙΟ) : 0	ppm		
O2 (ΟΞΥΓΟΝΟ) :-	ppm		
N2 (ΑΖΩΤΟ) :-	ppm		

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Υψηλή τιμή συγκέντρωσης CO2. Συγκριτικά με την ανάλυση της 29/7/15 έχει μειωθεί η συγκέντρωση περιεκτικότητας CO2.

ΛΟΓΟΙ ROGERS :

R2: C2H2/C2H4=0 - R1:CH4/ H2=0,30 - R5: C2H4/C2H6 =0 - CO2/CO=41,8



ΔΙΑΓΝΩΣΗ : Μερικές εκφορτίσεις , φαινόμενο Corona.

ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΛΑΙΟΥ Μ/Σ

ΑΕΡΙΟΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΕΡΙΩΝ Μ/Σ

ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ : Κ/Δ ΦΑΛΗΡΟΥ	ΗΜΕΡ. ΕΛΕΓΧΟΥ: 28-1-2018
Μ/Σ Νο: 1 ΙΣΧΥΣ: 50 ΜΒΑ	ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ: IEC 60475
ΤΥΠΟΣ Μ/Σ: ALSTOM	ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ: ΚΑΤΩ ΒΑΝΑ ΣΩΜΑ
ΤΑΣΗ: 150/21KV / ΕΤΟΣ ΚΑΤ.2003	ΣΥΝΕΡΓΕΙΟ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ:
Α/ΑΡ. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: 91256	ΗΜΕΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 25-1-2018

Α/Α	Φυσικοχημικές Αναλύσεις				Πρότυπα	Μονάδες	Τιμή	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΛΑΔΙΟΥ ΓΙΑ Μ/Σ ΜΕ $U_N > 72.5$ kV κατά IEC 60422		
								ΚΑΛΟ	ΑΝΕΚΤΟ	ΠΤΩΧΟ
1	ΧΡΩΜΑ				ASTM D1500	-	2.5	<2		>2
2	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (20 °C)				DIN 51757	g/cm ³	0.886	≤0,895		
3	ΥΓΡΑΣΙΑ				IEC 60814	ppm	12.9	<20	20-30	>30
4	ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ				IEC 60156/95	kV	82.3	>50	40-50	<40
	1)89.0	2)76.9	3)97.0	SD)						
	4)92.8	5)58.7	6)79.4							
5	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ (εφδ) (90 °C, 40 ÷ 60 Hz)				IEC 60247	-	0.01483	<0,10	0,10-0,50	>0,50
6	ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ (ρ) (90 °C)				IEC 60247	GΩm	17.7	>3	0,2-3	<0,2
7	ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΤΑΣΗ	Inhibited		ASTM D971-91	mN/m	20	>28	22-28	<22	
8	ΟΞΥΤΗΤΑ				IEC 60296	mg KOH/gr	0.07	<0,10	0,10-0,20	>0,20
9	ΔΕΙΚΤΗΣ ΜΕΥΕΡ (ΔΠΜ=ΕΤ/ΒΕ)						286	Κατηγορία		ΔΜΠ
10	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΜΟΝΩΤΙΚΟΥ ΕΛΑΙΟΥ							1. Καλά		300-1500
								2. Μέτρια		271-600
								3. Αμφισβητούμενα		160-318
								4. Κακά		45-159
								5. Πολύ κακά		22-44
								6. Εξαιρετικά κακά		6-21
								7. Κατεστραμμένα		-

Θερμοκρασία αναλύσεων ελαίου 19 °C

ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ: **Κ/Δ ΦΑΛΗΡΟΥ**

ΑΥΞ. ΑΡΙΘΜΟΣ: 2

ΕΙΔΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ: Μ/Σ Ν2

ΗΜΕΡ.ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ:
25/01/2018

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ: **ELECTROPUTERE**

ΥΠ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ:

ΑΡ.ΣΕΙΡΑΣ: 142822

ΗΜΕΡ. ΑΝΑΛΥΣΗΣ:
26/01/2018

ΤΑΣΗ: 150/21 KV

ΥΠ.ΑΝΑΛΥΣΗΣ:

ΙΣΧΥΣ: 50 MVA

ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ:
TOP TANK

ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: 2010

ΣΥΝΔ/ΓΙΑ : ΥΝΟgno

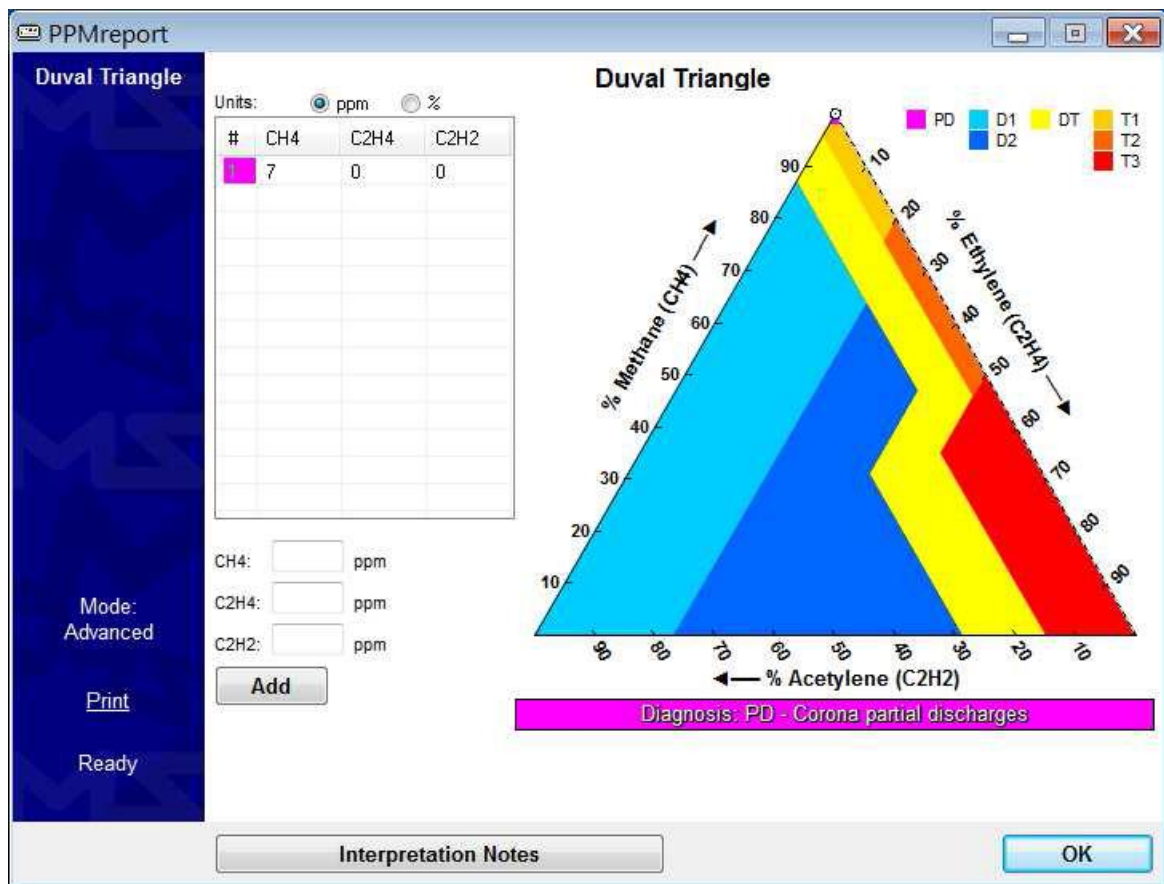
ΘΕΡΜΟΚ. ΛΑΔΙΟΥ: 42 °C

H2(ΥΔΡΟΓΟΝΟ)	: 88	ppm	TDG	: 337 mg/l
CH4 (ΜΕΘΑΝΙΟ)	: 7	ppm	TDCG	: 0.03 %
CO (Μ. ΑΝΘΡΑΚΑ)	: 177	ppm	THCG(O2N2)	:- %
CO2(Δ.ΑΝΘΡΑΚΑ)	: 4911	ppm	THCG(Pressure)	:- %
C2H4 (ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ)	: 0	ppm		
C2H6 (ΑΙΘΑΝΙΟ)	: 65	ppm		
C2H2(ΑΚΕΤΥΛΕΝΙΟ)	: 0	ppm		
O2 (ΟΞΥΓΟΝΟ)	:-	ppm		
N2 (ΑΖΩΤΟ)	:-	ppm		

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Υψηλή τιμή συγκέντρωσης CO2. Συγκριτικά με την ανάλυση της 29/7/15 έχει μειωθεί η συγκέντρωση περιεκτικότητας CO2.

ΛΟΓΟΙ ROGERS :

R2: C2H2/C2H4=0 - R1:CH4/H2=0,08 - R5: C2H4/C2H6 =0 - CO2/CO= 27,7



ΔΙΑΓΝΩΣΗ : Μερικές εκφορτίσεις , φαινόμενο Corona.

ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΛΑΙΟΥ Μ/Σ

ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ : Κ/Δ ΦΑΛΗΡΟΥ Μ/Σ Νο: 2 ΙΣΧΥΣ: 50 ΜΒΑ ΤΥΠΟΣ Μ/Σ: ELECTROPUTERE ΤΑΣΗ: 150/21KV / ΕΤΟΣ ΚΑΤ.2010 Α/ΑΡ. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: 142822	ΗΜΕΡ. ΕΛΕΓΧΟΥ: 28-1-18 ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ: IEC 60475 ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ: ΚΑΤΩ ΒΑΝΑ ΣΩΜΑ ΣΥΝΕΡΓΕΙΟ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ: ΗΜΕΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 25-1-18
---	--

Α/Α	Φυσικοχημικές Αναλύσεις				Πρότυπα	Μονάδες	Τιμή	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΛΑΔΙΟΥ ΓΙΑ Μ/Σ ΜΕ $U_N > 72.5$ kV κατά IEC 60422		
								ΚΑΛΟ	ΑΝΕΚΤΟ	ΠΤΩΧΟ
1	ΧΡΩΜΑ				ASTM D1500	-	1.5 ⁺	<2		>2
2	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (20 °C)				DIN 51757	g/cm ³	0.876	≤0,895		
3	ΥΓΡΑΣΙΑ				IEC 60814	ppm	5.6	<20	20-30	>30
4	ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ				IEC 60156/95	kV	93.7	>50	40-50	<40
	1)98.0	2)94.9	3)91.3	SD)						
	4)92.4	5)91.4	6)94.0							
5	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ (εφδ) (90 °C, 40 ÷ 60 Hz)				IEC 60247	-	0.00665	<0,10	0,10-0,50	>0,50
6	ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ (ρ) (90 °C)				IEC 60247	GΩm	34	>3	0,2-3	<0,2
7	ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΤΑΣΗ	Inhibited		ASTM D971-91	mN/m	22.2	>28	22-28	<22	
8	ΟΞΥΤΗΤΑ				IEC 60296	mg KOH/gr	0.06	<0,10	0,10-0,20	>0,20
9	ΔΕΙΚΤΗΣ ΜΕΥΕΡ (ΔΠΜ=ΕΤ/ΒΕ)						370	Κατηγορία		ΔΜΠ
10	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΜΟΝΩΤΙΚΟΥ ΕΛΑΙΟΥ							1. Καλά		300-1500
								2. Μέτρια		271-600
								3. Αμφισβητούμενα		160-318
								4. Κακά		45-159
								5. Πολύ κακά		22-44
								6. Εξαιρετικά κακά		6-21
								7. Κατεστραμμένα		-

Θερμοκρασία αναλύσεων ελαίου 19 °C

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

ΑΕΡΙΟΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΕΡΙΩΝ Μ/Σ

ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ: **Κ/Δ ΦΑΛΗΡΟΥ**

ΑΥΞ. ΑΡΙΘΜΟΣ: **2**

ΕΙΔΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ: **Μ/Σ Ν3**

ΗΜΕΡ.ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ:
25/01/2018

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ: **ALSTOM**

ΥΠ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ:

ΑΡ.ΣΕΙΡΑΣ: **91720**

ΗΜΕΡ. ΑΝΑΛΥΣΗΣ:
26/01/2018

ΤΑΣΗ: **150/21 KV**

ΥΠ.ΑΝΑΛΥΣΗΣ:

ΙΣΧΥΣ: **50 MVA**

ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ:
TOP TANK

ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: **2003**

ΘΕΡΜΟΚ. ΛΑΔΙΟΥ: **46 °C**

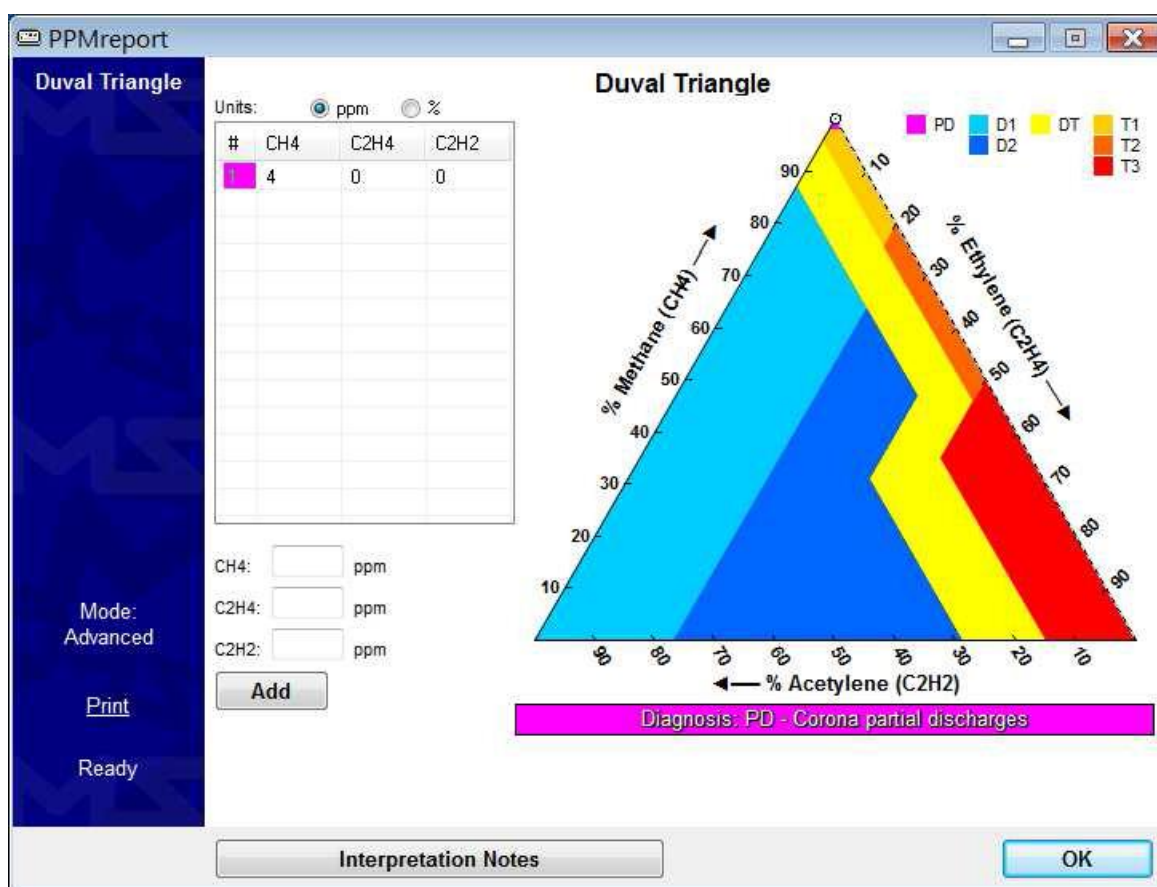
ΣΥΝΔ/ΓΙΑ : **ΥΝΟyno**

H2(ΥΔΡΟΓΟΝΟ)	: 9	ppm	TDG	: 143 mg/l
CH4 (ΜΕΘΑΝΙΟ)	: 4	ppm	TDCG	: 0.01 %
CO (Μ. ΑΝΘΡΑΚΑ)	: 130	ppm	THCG(O2N2)	:- %
CO2(Δ.ΑΝΘΡΑΚΑ)	: 6981	ppm	THCG(Pressure)	:- %
C2H4 (ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ)	: 0	ppm		
C2H6 (ΑΙΘΑΝΙΟ)	: 0	ppm		
C2H2(ΑΚΕΤΥΛΕΝΙΟ)	: 0	ppm		
O2 (ΟΞΥΓΟΝΟ)	:-	ppm		
N2 (ΑΖΩΤΟ)	:-	ppm		

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Υψηλή τιμή συγκέντρωσης CO2. Συγκριτικά με την ανάλυση της 31/7/15 έχει μειωθεί η συγκέντρωση περιεκτικότητας CO2.

ΛΟΓΟΙ ROGERS :

R2: C2H2/C2H4=0 - R1:CH4/ H2=0,44 - R5: C2H4/C2H6 =0 - CO2/CO= 53.7



ΔΙΑΓΝΩΣΗ : Μερικές εκφορτίσεις , φαινόμενο Corona.

ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΛΑΙΟΥ Μ/Σ

ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ : Κ/Δ ΦΑΛΗΡΟΥ Μ/Σ Νο: 3 ΙΣΧΥΣ: 50 ΜΒΑ ΤΥΠΟΣ Μ/Σ: ALSTOM ΤΑΣΗ: 150/21KV / ΕΤΟΣ ΚΑΤ.2003 Α/ΑΡ. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: 91720	ΗΜΕΡ. ΕΛΕΓΧΟΥ: 29-1-2018 ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ: IEC 60475 ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ: ΚΑΤΩ ΒΑΝΑ ΣΩΜΑ ΣΥΝΕΡΓΕΙΟ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ: ΗΜΕΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 25-1-2018
---	--

Α/Α	Φυσικοχημικές Αναλύσεις				Πρότυπα	Μονάδες	Τιμή	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΛΑΔΙΟΥ ΓΙΑ Μ/Σ ΜΕ $U_N > 72.5$ kV κατά IEC 60422		
								ΚΑΛΟ	ΑΝΕΚΤΟ	ΠΤΩΧΟ
1	ΧΡΩΜΑ				ASTM D1500	-	2.5 ⁺	<2		>2
2	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (20 °C)				DIN 51757	g/cm ³	0.885	≤0,895		
3	ΥΓΡΑΣΙΑ				IEC 60814	ppm	8.4	<20	20-30	>30
4	ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ				IEC 60156/95	kV	90.6	>50	40-50	<40
	1)80.1	2)84.1	3) 94.2	SD)						
	4)>100	5)84.9	6)>100							
5	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ (εφδ) (90 °C, 40 ÷ 60 Hz)				IEC 60247	-	0.01515	<0,10	0,10-0,50	>0,50
6	ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ (ρ) (90 °C)				IEC 60247	GΩm	17.1	>3	0,2-3	<0,2
7	ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΤΑΣΗ		Inhibited		ASTM D971-91	mN/m	19.4	>28	22-28	<22
8	ΟΞΥΤΗΤΑ				IEC 60296	mg KOH/gr	0.08	<0,10	0,10-0,20	>0,20
9	ΔΕΙΚΤΗΣ ΜΕΥΕΡ (ΔΠΜ=ΕΤ/ΒΕ)						242.5	Κατηγορία		ΔΜΠ
10	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΜΟΝΩΤΙΚΟΥ ΕΛΑΙΟΥ							1. Καλά		300-1500
								2. Μέτρια		271-600
								3. Αμφισβητούμενα		160-318
								4. Κακά		45-159
								5. Πολύ κακά		22-44
								6. Εξαιρετικά κακά		6-21
								7. Κατεστραμμένα		-

Θερμοκρασία αναλύσεων ελαίου 18 °C

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

ΑΕΡΙΟΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΕΡΙΩΝ Μ/Σ

ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ: **Κ/Δ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ**

ΑΥΞ. ΑΡΙΘΜΟΣ: **2**

ΕΙΔΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ: **Μ/Σ Ν3Α**

ΗΜΕΡ.ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ:
27/3/2018

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ: **ELTA**
ΑΡΙΘ.ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ : **119602**

ΥΠ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ:

ΗΜΕΡ. ΑΝΑΛΥΣΗΣ:
29/3/2018

ΤΑΣΗ: **150/22 KV**

ΥΠ.ΑΝΑΛΥΣΗΣ:

ΙΣΧΥΣ: **100 MVA**

ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ:
TOP TANK

ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: **1971**

ΘΕΡΜΟΚ. ΛΑΔΙΟΥ: **40 °C**

ΣΥΝΔ/ΓΙΑ : **Yz1**

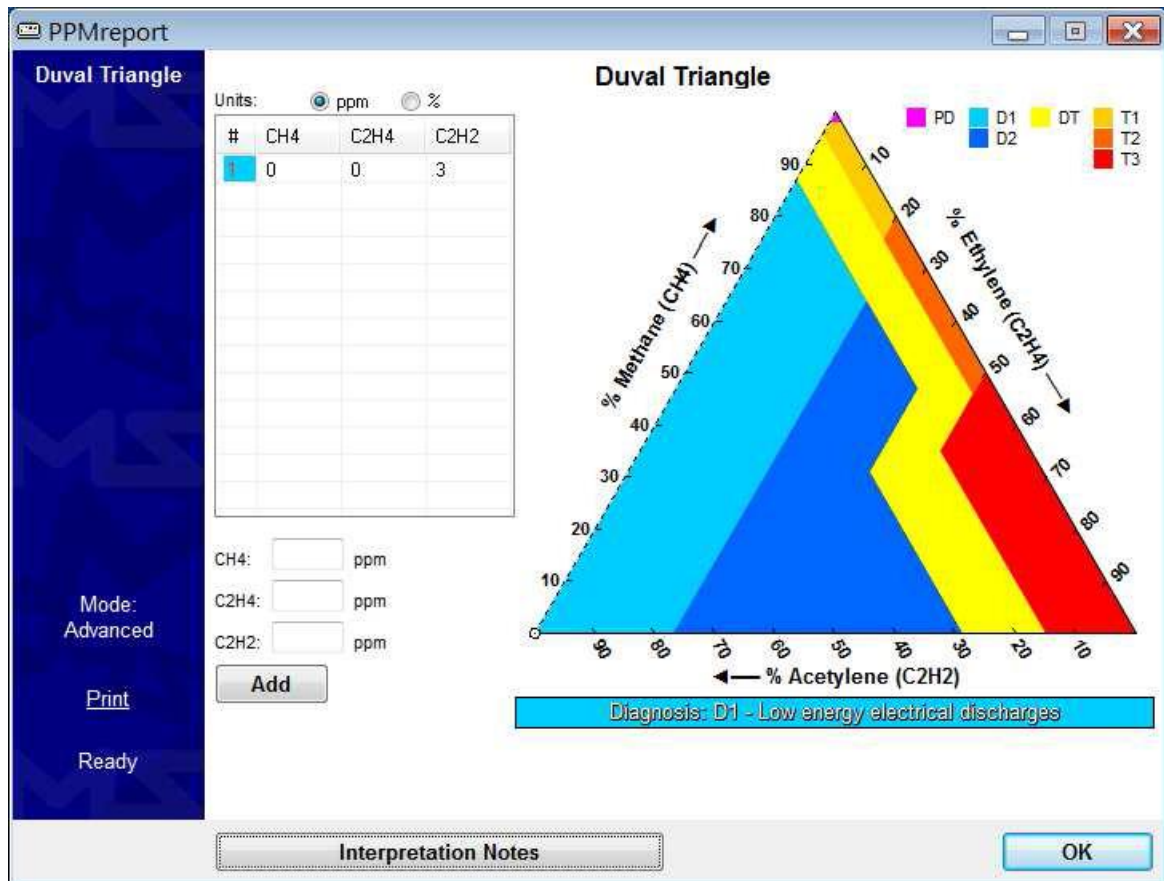
H2(ΥΔΡΟΓΟΝΟ) :	0	ppm	TDG	:-	0.04 %
CH4 (ΜΕΘΑΝΙΟ) :	0	ppm	TDCG	:	430 mg/l
CO (Μ. ΑΝΘΡΑΚΑ) :	427	ppm	THCG(O2N2)	:-	%
CO2(Δ.ΑΝΘΡΑΚΑ) :	5078	ppm	THCG(Pressure)	:-	%
C2H4 (ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ) :	0	ppm			
C2H6 (ΑΙΘΑΝΙΟ) :	0	ppm			
C2H2(ΑΚΕΤΥΛΕΝΙΟ):	3	ppm			
O2 (ΟΞΥΓΟΝΟ) :		ppm			
N2 (ΑΖΩΤΟ) :		ppm			

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Συγκριτικά με την προηγούμενη μέτρηση της 17/9/15, έχουν μειωθεί οι περιεκτικότητες αερίων του CO & του CO2

Τιμές εντός φυσιολογικών ορίων.

ΛΟΓΟΙ ROGERS : R2_C2H2/C2H4 =N/A , R1_CH4/ H2 =N/A , R5 _ C2H4/C2H6 = N/A

CO2/CO= 11,9



ΔΙΑΓΝΩΣΗ : Χαμηλής ενέργειας ηλεκτρικές φορτίσεις.

ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΛΑΙΟΥ Μ/Σ

ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ : Κ/Δ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ Μ/Σ Νο: 3Α ΙΣΧΥΣ: 100 ΜΒΑ ΤΥΠΟΣ Μ/Σ: ELTA ΤΑΣΗ: 150/22KV / ΕΤΟΣ ΚΑΤ.1971 Α/ΑΡ. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: 119602	ΗΜΕΡ. ΕΛΕΓΧΟΥ: 29-3-2018 ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ: IEC 60475 ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ: ΚΑΤΩ ΒΑΝΑ ΣΩΜΑ ΣΥΝΕΡΓΕΙΟ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ: ΗΜΕΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 27-3-18
---	--

Α/Α	Φυσικοχημικές Αναλύσεις				Πρότυπα	Μονάδες	Τιμή	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΛΑΔΙΟΥ ΓΙΑ Μ/Σ ΜΕ $U_N > 72.5$ kV κατά IEC 60422		
								ΚΑΛΟ	ΑΝΕΚΤΟ	ΠΤΩΧΟ
1	ΧΡΩΜΑ				ASTM D1500	-	2 ⁺	<2		>2
2	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (20 °C)				DIN 51757	g/cm ³	0.869	≤0,895		
3	ΥΓΡΑΣΙΑ				IEC 60814	ppm	7.9	<20	20-30	>30
4	ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ				IEC 60156/95	kV	85	>50	40-50	<40
	1)84.7	2)83.3	3)83.5	SD)						
	4)88.1	5)84.5	6)86.2							
5	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ (εφδ) (90 °C, 40 ÷ 60 Hz)				IEC 60247	-	0.02275	<0,10	0,10-0,50	>0,50
6	ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ (ρ) (90 °C)				IEC 60247	GΩm	10	>3	0,2-3	<0,2
7	ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΤΑΣΗ	Inhibited		ASTM D971-91	mN/m	24.8	>28	22-28	<22	
8	ΟΞΥΤΗΤΑ				IEC 60296	mg KOH/gr	0.05	<0,10	0,10-0,20	>0,20
9	ΔΕΙΚΤΗΣ ΜΕΥΕΡ (ΔΠΜ=ΕΤ/ΒΕ)						496	Κατηγορία		ΔΜΠ
10	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΜΟΝΩΤΙΚΟΥ ΕΛΑΙΟΥ							1. Καλά		300-1500
								2. Μέτρια		271-600
								3. Αμφισβητούμενα		160-318
								4. Κακά		45-159
								5. Πολύ κακά		22-44
								6. Εξαιρετικά κακά		6-21
								7. Κατεστραμμένα		-

Θερμοκρασία αναλύσεων ελαίου 22 °C

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

ΑΕΡΙΟΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΕΡΙΩΝ Μ/Σ

ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ: **Κ/Δ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ**

ΑΥΞ. ΑΡΙΘΜΟΣ: 2

ΕΙΔΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ: Μ/Σ Ν3Β

ΗΜΕΡ.ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ:
27/3/2018

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ: TRAFU UNION
ΑΡΙΘ.ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ : **S250175**

ΥΠ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ:

ΗΜΕΡ. ΑΝΑΛΥΣΗΣ:
29/3/2018

ΤΑΣΗ: 150/22 KV

ΥΠ.ΑΝΑΛΥΣΗΣ:

ΙΣΧΥΣ: 100 MVA

ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ:
TOP TANK

ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: 1974

ΣΥΝΔ/ΓΙΑ : ΥΝγγο

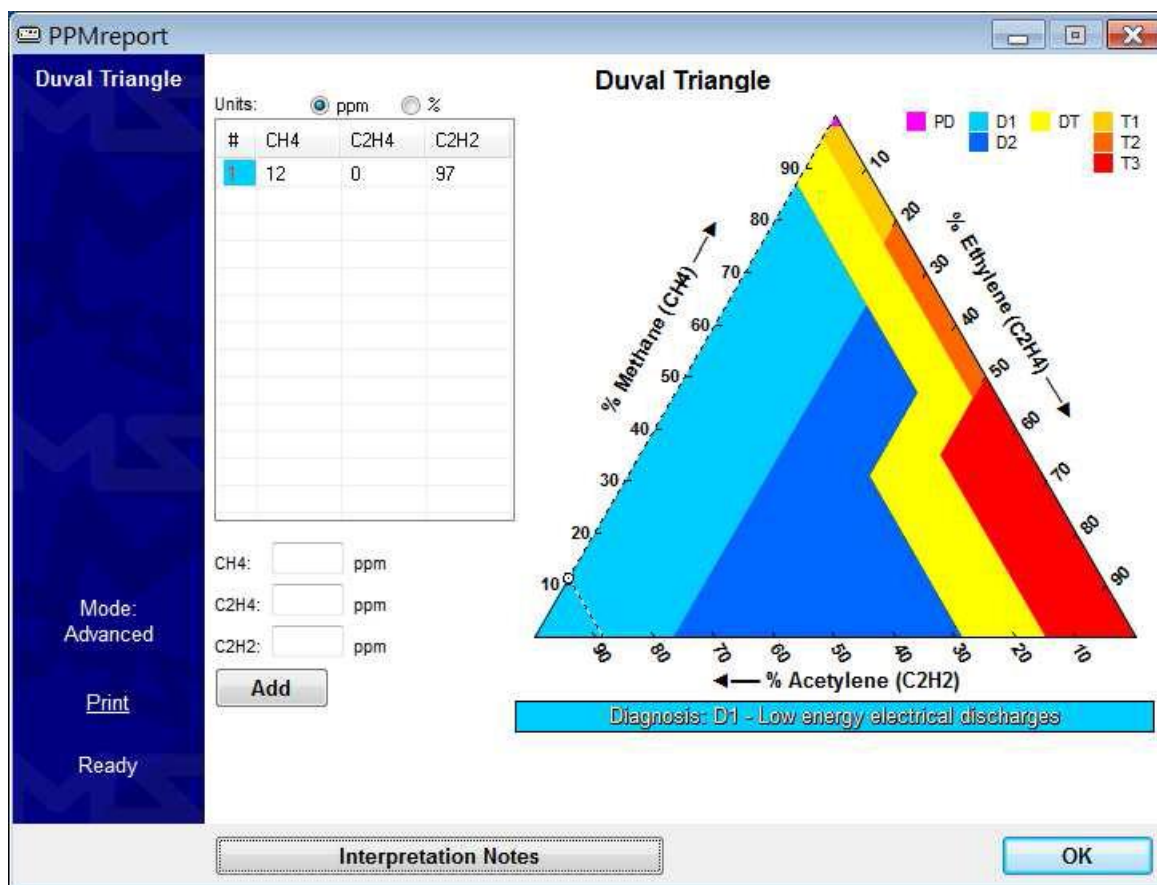
ΘΕΡΜΟΚ. ΛΑΔΙΟΥ: 30 °C

H2(ΥΔΡΟΓΟΝΟ) : 41	ppm	TDG	:-	0.03 %
CH4 (ΜΕΘΑΝΙΟ) : 12	ppm	TDCG	:	284 mg/l
CO (Μ. ΑΝΘΡΑΚΑ) :134	ppm	THCG(O2N2)	:-	%
CO2(Δ.ΑΝΘΡΑΚΑ) :2302	ppm	THCG(Pressure)	:-	%
C2H4 (ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ) : 0	ppm			
C2H6 (ΑΙΘΑΝΙΟ) : 0	ppm			
C2H2(ΑΚΕΤΥΛΕΝΙΟ): 97	ppm			
O2 (ΟΞΥΓΟΝΟ) :	ppm			
N2 (ΑΖΩΤΟ) :	ppm			

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Συγκριτικά με την προηγούμενη μέτρηση της 17/9/15, έχουν μειωθεί οι περιεκτικότητες αερίων του CO2 & του C2H2

ΛΟΓΟΙ ROGERS : R2_C2H2/C2H4 =N/A , R1_CH4/ H2 = 3.4 , R5 _ C2H4/C2H6 = N/A

CO2/CO= 17,2



ΔΙΑΓΝΩΣΗ : Χαμηλής ενέργειας ηλεκτρικές φορτίσεις.

ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΛΑΙΟΥ Μ/Σ

ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ : Κ/Δ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ Μ/Σ Νο: 3B ΙΣΧΥΣ: 100 ΜΒΑ ΤΥΠΟΣ Μ/Σ: TRAFU UNION ΤΑΣΗ: 150/22KV / ΕΤΟΣ ΚΑΤ.1974 Α/ΑΡ. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: S 250175	ΗΜΕΡ. ΕΛΕΓΧΟΥ: 28-3-2018 ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ: IEC 60475 ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ: ΚΑΤΩ ΒΑΝΑ ΣΩΜΑ ΣΥΝΕΡΓΕΙΟ ΔΕΙΓΜ/ΨΙΑΣ: ΗΜΕΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 27-3-18
--	--

Α/Α	Φυσικοχημικές Αναλύσεις				Πρότυπα	Μονάδες	Τιμή	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΛΑΔΙΟΥ ΓΙΑ Μ/Σ ΜΕ $U_N > 72.5$ kV κατά IEC 60422		
								ΚΑΛΟ	ΑΝΕΚΤΟ	ΠΤΩΧΟ
1	ΧΡΩΜΑ				ASTM D1500	-	3	<2		>2
2	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (20 °C)				DIN 51757	g/cm ³	0.868	≤0,895		
3	ΥΓΡΑΣΙΑ				IEC 60814	ppm	3.9	<20	20-30	>30
4	ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ				IEC 60156/95	kV	90.9	>50	40-50	<40
	1)90.3	2)>100	3)85.7	SD)						
	4)93.1	5)96.7	6)79.5							
5	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ (εφδ) (90 °C, 40 ÷ 60 Hz)				IEC 60247	-	0.03100	<0,10	0,10-0,50	>0,50
6	ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ (ρ) (90 °C)				IEC 60247	GΩm	8	>3	0,2-3	<0,2
7	ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΤΑΣΗ	Inhibited		ASTM D971-91	mN/m	23.4	>28	22-28	<22	
8	ΟΞΥΤΗΤΑ				IEC 60296	mg ΚΟΗ/gr	0.03	<0,10	0,10-0,20	>0,20
9	ΔΕΙΚΤΗΣ ΜΕΥΕΡ (ΔΠΜ=ΕΤ/ΒΕ)						780	Κατηγορία		ΔΜΠ
10	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΜΟΝΩΤΙΚΟΥ ΕΛΑΙΟΥ							1. Καλά		300-1500
								2. Μέτρια		271-600
								3. Αμφισβητούμενα		160-318
								4. Κακά		45-159
								5. Πολύ κακά		22-44
								6. Εξαιρετικά κακά		6-21
								7. Κατεστραμμένα		-

Θερμοκρασία αναλύσεων ελαίου 22 °C

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ Έντονες διαρροές από πύργους Μ.Τ.

Βιβλιογραφία

1. **TiSoft.** TiSoft. *www.ti-soft.com*. [Ηλεκτρονικό] http://www.ti-soft.com/el/support/help/electrical/knowledgebase/middlevoltage/panelcad_metasximatistes_ixuos.
2. **Weidmann Electrical Technology, INC.** *Insulation In Transformers*. 13 May 2016.
3. Φύλλο Επικύρωσης του εγκεκριμένου Ευρωπαϊκού Προτύπου EN 60422:2013 (IEC 60422:2013)