

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε



ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΟΥ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΚΑΜΠΟΛΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΟΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΙΜΟΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2014

Πίνακας περιεχομένων

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
2.1 ΚΡΙΣΙΜΑ ΦΟΡΤΙΑ.....	6
3. ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΟΥ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΟΥ	6
3.1 ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ 7001	7
3.2 ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ 7000	10
3.3 ΑΣΦΑΛΕΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ SPRECHER & SCHUH 150 KV.....	13
3.4 ΖΥΓΟΙ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ BUS (A,B,C).....	17
4. ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ 7300.....	27
4.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΖΕΥΞΗΣ ΖΥΓΩΝ (AUTO COUPLER). ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΦΟΡΤΙΩΝ (TRANSFER).....	28
5. ΑΥΤΟΜΑΤΟΙ ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ	33
6. Πίνακας ASB (Auxiliary Service Board).....	36
7. ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ G1-G2-G3	41
7.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ G2.....	41
7.2 ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΤΗΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ.....	45
8. ΣΥΣΤΗΜΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΕΚΤΑΚΤΟΥ ΑΝΑΓΚΗΣ (CHARGER).....	52
9. ΟΜΑΔΕΣ ΦΟΡΤΙΩΝ PC-MCC.....	57
10. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ "ΣΥΡΤΑΡΙ" J-3106.....	66
11. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	70
12. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΕΙΑ.....	71

1.ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η παρουσίαση και ανάλυση του ηλεκτρικού δικτύου ενός διυλιστηρίου.

Στο κεφάλαιο 1 γίνεται η περιγραφή των μερών ενός διυλιστηρίου. Η Εγκατεστημένη ισχύς του ανέρχεται σε 70MVA και η τροφοδότηση του γίνεται από το σύστημα (150kV). Στην συνέχεια ορίζονται τα κρίσιμα φορτία του διυλιστηρίου.

Στο κεφάλαιο 2 γίνεται ανάλυση του υποσταθμού 7001 (τροφοδότηση 150KV) και παρουσιάζονται τα επιμέρους συστήματα του. Στην συνέχεια στο κεφάλαιο 2.2 παρουσιάζεται ο κεντρικός υποσταθμός 7000 ο οποίος περιέχει τα κύρια μέσα προστασίας του διυλιστηρίου. Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι μετασχηματιστές μέσω των οποίων γίνεται ο υποβιβασμός των 150KV σε 6KV και οι ζυγοί BUS A,B,C στους οποίους καταμερίζεται η ισχύς στους επιμέρους υποσταθμούς παροχής . Οι υποσταθμοί παροχής του διυλιστηρίου ανέρχονται σε 20.

Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζεται ο υποσταθμός 7300 και τα υποσυστήματα του (bus και coupler) όπου σε περίπτωση σφάλματος αλλάζει την τροφοδότηση μεταξύ των ζυγών A,B,C.

Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται οι διακόπτες SF6 (6KV) ως κύρια μέσα προστασίας των ζυγών.

Στο κεφάλαιο 5 περιγράφεται ο πίνακας ASB, του υποσταθμού 7300, οποίος τροφοδοτεί τα βοηθητικά κυκλώματα φωτισμού, τα κλιματιστικά, τους ρευματοδότες και τα υποσυστήματα.

Στο κεφάλαιο 6 περιγράφονται οι γεννήτριες G1,G2,G3, και η συμβολή τους σε καταστάσεις εκτάκτου ανάγκης και κανονικής λειτουργίας.

Στο κεφάλαιο 7 περιγράφεται το σύστημα φόρτισης εκτάκτου ανάγκης (charger) το οποίο σε περίπτωση απώλειας παροχής τροφοδοτεί τα βοηθητικά κυκλώματα.

Στο κεφάλαιο 8 παρουσιάζονται οι ομάδες φορτίων PC-MCC οι οποίες χωρίζονται σε ομάδες ελαφρώς και βαρέως φόρτισης.

Στο κεφάλαιο 10 περιγράφεται η δομή των κυκλωμάτων εκκινήσεως των ηλεκτροκινητήρων.

Τέλος στο κεφάλαιο 11 δίδονται τα συμπεράσματα.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Ηλεκτρικό Δίκτυο του διυλιστηρίου είναι ένα εκτενές δίκτυο 20 υποσταθμών διανομής και παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος μέσω γεννητριών. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του ανέρχεται σε 70MVA. Η κύρια τροφοδότησή του γίνεται μέσω του συστήματος Μεταφοράς μέσω δύο κυκλωμάτων 150 kV. Το διυλιστήριο σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης πχ. Απώλεια της κύριας τροφοδότησης, τροφοδοτείται μέσω τριών ηλεκτροπαραγωγών ζευγών συνολικής ισχύος 40MVA.

Ποιο συγκεκριμένα η ΔΕΗ διαθέτει 2 τριφασικές εναέριες γραμμές 150 KV όπου μέσω τριών μετασχηματιστών υποβιβασμού τάσεως τροφοδοτούν 3 ζυγούς των 6 KV, τους ζυγούς Α, Β, C που βρίσκονται στον κύριο υποσταθμό 7000.

Η ισχύς του κάθε μετασχηματιστή είναι 24 / 30 MVA. Οι τρεις ζυγοί των 6 KV είναι παραλληλισμένοι μεταξύ τους μέσω τριών Reactors και ενός επιπλέον ζυγού που ονομάζεται ζυγός συγχρονισμού, ή synchro bus.

Οι επιμέρους υποσταθμοί διανομής των 6 KV τροφοδοτούνται από τους τρεις ζυγούς Α, Β, C του υποσταθμού 7000 .

Κάθε υποσταθμός έχει 2 ανεξάρτητες εισόδους από αντίστοιχους ζυγούς του 7000 εισόδοι των υποσταθμών ελέγχονται και επιτηρούνται από ηλεκτρονόμους προστασίας Overcurrent, Undervoltage, κ.λ.π Ειδικός μηχανισμός παρακολουθεί τις εισόδους των 6 KV κάθε υποσταθμού και πραγματοποιεί την λειτουργία τής Αυτόματης Μεταγωγής (Automatic Transfer) όταν απαιτηθεί, με την χρησιμοποίηση ενός επιπλέον διακόπτη τού bus tie. Το bus tie χρησιμοποιείται επίσης και για παραλληλισμό των ζυγών εισόδου.

Κάθε υποσταθμός διαθέτει μετασχηματιστές υποβιβασμού τάσεως 6 / 0,4 KV.

Τα φορτία (κινητήρες) που τροφοδοτούν οι υποσταθμοί είναι των 6 KV και των 380 Volt.

Ένας άλλος μηχανισμός που καλείται Reacceleration επανεκκινεί τους κινητήρες αυτόματα όταν σταματούν την λειτουργία τους, μετά από μία σύντομη πτώση τάσεως του δικτύου.

- Τα διυλιστήρια διαθέτουν 3 γεννήτριες ,δύο Gas Turbines και μιας Steam Turbine, συνολικής παραγωγής 50 MW. Οι γεννήτριες εργάζονται σε συνδυασμένο κύκλο. Κάθε γεννήτρια είναι συνδεδεμένη παράλληλα σε μετασχηματιστή του Α, τροφοδοτώντας τους ζυγούς Α, Β, C.
- Η εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς Του διυλιστηρίου ανέρχεται στα 100 MW περίπου και η λειτουργούσα ισχύς στα 40 MW .Πρόκειται δηλαδή για ένα ισχυρό ηλεκτρικό δίκτυο το οποίο συνεχώς επεκτείνεται.

Οι ηλεκτρικοί κινητήρες που είναι εγκατεστημένοι στο δίκτυο ανέρχονται στους 2568, και κινούν κατά κύριο λόγο Αντλίες και Συμπιεστές. Οι μεγαλύτεροι κινητήρες των εγκαταστάσεων είναι : ένας κινητήρας ισχύος 7.3 MW, ένας κινητήρας ισχύος 4.2 MW. δύο κινητήρες ισχύος 3.5 MW ο καθένας, και αρκετοί άλλοι ισχύος 1 MW περίπου ο καθένας.



Φωτογραφία δυλιστηρίου.

2.1 ΚΡΙΣΙΜΑ ΦΟΡΤΙΑ

Σε έναν χώρο όπως είναι το διυλιστήριο με τέτοιες ποσότητες καυσίμων πριν και μετά αλλά ιδιαιτέρως κατά την επεξεργασία τους ,δεν πρέπει να γίνει διακοπή των ηλεκτρικών κινητήρων που κινούν μία αντλία ή ένα κομπρεσέρ που χρησιμεύουν για την ομαλή διύλιση των καυσίμων, όπως επίσης τους ηλεκτρικούς κινητήρες της πυρασφάλειας και τα συστήματα επικοινωνίας ,σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης . Έτσι λοιπόν ,όσο αναφορά την διύλιση πρέπει η τροφοδοσία της οποιαδήποτε κύριας μονάδας να γίνεται αδιάλειπτα δηλαδή συνεχείς ,χωρίς διακοπές έστω και αν είναι μερικών δευτερόλεπτων ,διότι οι ποσότητες είναι τεράστιες των καυσίμων οι θερμοκρασίες είναι σχετικά υψηλές (λόγο ατμού) όπως και οι πιέσεις σχετικά υψηλές . Οι τροφοδοσίες αυτές κρίνονται κρίσιμες ,και τα φορτία που κινούν τις μηχανές της ροής των ρευστών ή των αερίων αυτών ονομάζονται 'ΚΡΙΣΙΜΑ' , Συνεπώς τα κρίσιμα φορτία πρέπει να λειτουργούν αδιάλειπτα 24 ώρες το 24-ωρο 365 ημέρες το χρόνο .Και σίγουρα μας γεννιέται το ερώτημα πώς ένας κινητήρα δεν πρέπει να σταματήσει ,ούτε επιτρέπεται να "χαλάσει" από την ημέρα ίδρυσης της μονάδος ! ?

Το ερώτημα αυτό έχει απάντηση ,τα ΚΡΙΣΙΜΑ ΦΟΡΤΙΑ τα εγκαθιστούμε έως εξής :

Παράλληλα στον ηλεκτροκινητήρα όσο αφορά το μηχανικό του φορτίο είναι συνδεδεμένος κατάλληλα ένας στρόβιλος (τουρμπίνα) κινούμενος από ατμό. Όταν ο κινητήρας τεθεί εκτός από οποιαδήποτε αιτία τότε τίθεται σε λειτουργία ο στρόβιλος που αντικαθιστά τον κινητήρα έως την επαναλειτουργία του .

- 1) **Με ζευγάρι κινητήρων (MAIN και SPARE) όπου η τροφοδοσία του, είναι αδιάλειπτη.** (τα εγκαθιστούμε δηλαδή ανά ζεύγη, όμοιων κινητήρων)

Τον ένα κινητήρα τον ονομάζεται MAIN και το άλλο SPARE. (κύριο, & εφεδρικό). Τα φορτία που αντιστοιχούν στον οποιαδήποτε υποσταθμό, τροφοδοτούνται π.χ το main από τον ζυγό A και το spare από τον ζυγό B. Δηλαδή τροφοδοτούνται από ξεχωριστούς ζυγούς από τον ίδιο υποσταθμό.

Πρέπει να πούμε ακόμα πως και τα μη κρίσιμα φορτία , τροφοδοτούνται από διαφορετικούς κινητήρες main-spare,στο ίδιο κύκλωμα παροχής π.χ του ρευστού. Και αυτό γίνεται, για να έχουμε ομοιομορφία στους υποσταθμούς αλλά ιδιαίτερα, Να μην έχουμε το σταμάτημα τμημάτων κάποιας μονάδας ,φέροντας πίσω την παραγωγή. Έτσι λοιπόν και στα κρίσιμα και στα μη κρίσιμα ,υπάρχουν main-spare,αλλά ιδιαίτερα στα κρίσιμα, έχουμε και κίνηση μέσω ατμού, για την κίνηση π.χ κάποιας αντλίας

3.ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΟΥ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΟΥ

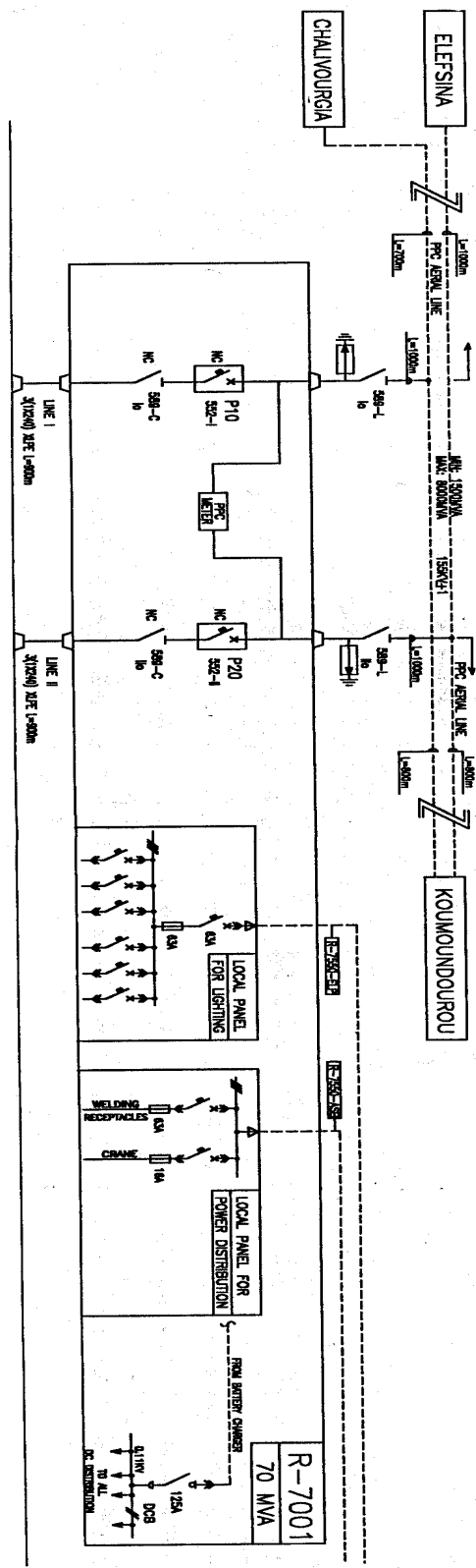
Ας αναφερθούμε πιο λεπτομερώς στο δίκτυο του διυλιστηρίου ξεκινώντας από την παροχές των 150 KV και φτάνοντας στον κεντρικό υποσταθμό 7000 ,και συνεχίζοντας στους υπόλοιπους υποσταθμούς , μέχρις ότου φτάσουμε σε ένα συρτάρι (πίνακα τροφοδοσίας) , ενός κρίσιμου ή ενός μη κρίσιμου κινητήρα , ή φορτίου .

3.1 ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ 7001

Ως γνωστόν έχουμε δύο τροφοδοσίες 150 KV (NO1 & NO2) που είναι εναέριες μέχρι τον υποσταθμό 7001 (είσοδος παροχών). Σε αυτόν τον υποσταθμό έχουμε δύο διακόπτες (P 10-P20) 552-I και 552-II, Όπως επίσης και δύο αποζευκτες, 589-C Io & 589-C Iio. Ακόμα βλέπουμε δύο Ηλεκτρικούς Πίνακες για την βοηθητική τάση και τον φωτισμό ASB -ELP. Από τον υποσταθμό 7001, ξεκινούν καλώδια των 150 KV $2 * [3 * (240)]$ mm τύπου XLPE μήκους $L = 900m$ το κάθε ένα και εισέρχονται από το έδαφος στον υποσταθμό 7000, και ενώνονται στους αυτόματους τριφασικούς διακόπτες IO 452 I και Ir 452 II (πριν από τον υποσταθμό 7001 υπάρχουν δύο διατάξεις προστασίας κεραυνών)



Εικόνα 3.1.1 Μονωτήρες διέλευσης μεταφοράς στους διακόπτες των 150KV



Εικόνα 3.1.2 Διακόπτες P10&P20 και βοηθητικοί πίνακες ASB&ELP



Εικόνα 3.1.3 Εναέρια μεταφορά 2 κυκλωμάτων 150 KV



Εικόνα 3.1.4 Αυτόματοι διακόπτες 150KV

3.2 ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ 7000

Στον υποσταθμό 7000 έρχονται τα υπόγεια καλώδια XLPE και ενώνονται στους αυτόματους τριφασικούς διακόπτες IO 452 I και Ir 452 I I , οι οποίοι με τη σειρά τους ενώνονται σε δύο τριφασικές γραμμές μέσω δύο αποζευκτών , (οι γραμμές αυτές παραλληλίζονται εν μέσω του Bus-Coupler, No424: αν χρειαστεί) στις γραμμές αυτές στη συνέχεια πάλι εν μέσω αποζευκτών τροφοδοτούνται οι διακόπτες των 3 Μ/Σ :MTR 1-MTR 2-MTR 3, Που ονομάζονται 452 –MTR1,452-MTR2,452-MTR3. Ασφαλώς στους Μ/Σ υπάρχουν και γειωτές .Οι οποίοι με την σειρά τους τροφοδοτούν εν μέσω καλωδίων 3(1x240) mm τους 3 Μ/Σ υποβιβασμού της τάσης 150 KV / 6 KV , φαινόμενης ισχύος S : 24-30 MVA και ονομαστικού ρεύματος $I_{on}=3150$ A. Στην έξοδο αυτών αναχωρούν καλώδια 8(3x400)mm μήκους L :=23 m, 26m και 35m αντίστοιχα από το κάθε έναν Μ/Σ, προς τις 3 μάρκες :Bus A-B-C, εν μέσω των αυτόματων διακοπών 352 –MTR1,352-MTR2,352-MTR3 (3150 A).

Κάθε μπάρα αποτελείται από μακριά τριφασικά χάλκινα ελάσματα , κανονικής λειτουργίας 6KV –50 HZ –550 MVA , οι οποίες αντέχουν από 53KA έως μέγιστο ρεύμα 140 KA .Πρέπει να τονιστεί ότι οι 3 μάρκες τροφοδοσίας A-B-C "ενώνονται" εν μέσω 3 Reactors , με καλώδια 6(3x400)mm L=18m για τον κάθε έναν ξεχωριστά Αντιδραστήρα RA –RB –RC.Και "ενώνονται" εν μέσω των αυτόματων διακοπών

352A-RA,352B-RB,352C-RC (2500). Τα χαρακτηριστικά στοιχεία αυτών είναι : φαινόμενη Ισχύς $S=16 \text{ MVA}$.Κυρίως σκοπός αυτών είναι να παραλληλίσουν τις 3 μπάρες εν μέσω μιας 4 μπάρας την synchro bus (εν μέσω των διακοπών 352 S), Έχουν τοποθετηθεί έτσι οι Αντιδραστήρες για να μεταφέρουν Ισχύς από τον ένα ζυγό στον άλλο ,επίσης μπορούν να προστατέψουν το δίκτυο και από ρεύματα βραχυκυκλώσης .Ακόμα και αν μας μείνει το δίκτυο με μία πηγή στο διυλιστήριο θα "υπάρχει " ρεύμα (παροχή ηλεκτρισμού) .Στις 3 μπάρες (ζυγούς) ενώνονται και οι 3 παροχές Ισχύος των Γεννητριών :G1-G2-G3 οι οποίες έρχονται από τους υποσταθμούς 20 –10-30 αντίστοιχα ,και ενώνονται και αυτές οι παροχές εν μέσω των αυτόματων διακοπών : 352-GTG-1, 352-GTG-2, 352-GTG-3 .



Εικόνα 3.2.1 Εξωτερική όψη υποσταθμού 7000

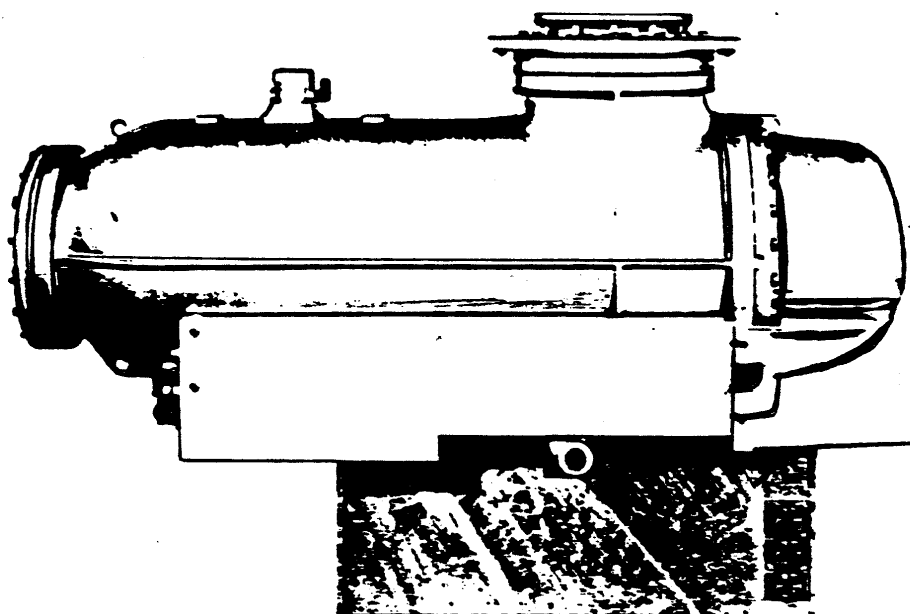


Εικόνα 2.2.2 Μετασχηματιστής 150kV/6 kV

3.3 ΑΣΦΑΛΕΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ SPRECHER & SCHUH 150 KV



Εικόνα 3.3.1 Αυτόματος διακόπτης 150 KV των 2συστημάτων



Εικόνα3.3.2 Αυτόματος διακόπτης 150KV

Για τη σύνδεση και αποσύνδεση του δικτύου του βιομηχανικού συγκροτήματος από το δίκτυο της ΔΕΗ των 150 KV υπάρχουν ΑΥΤΟΜΑΤΟΙ ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ.

Ο παρουσιαζόμενος διακόπτης είναι Ελβετικής Κατασκευής της εταιρείας SPRECHER + SCHUH.

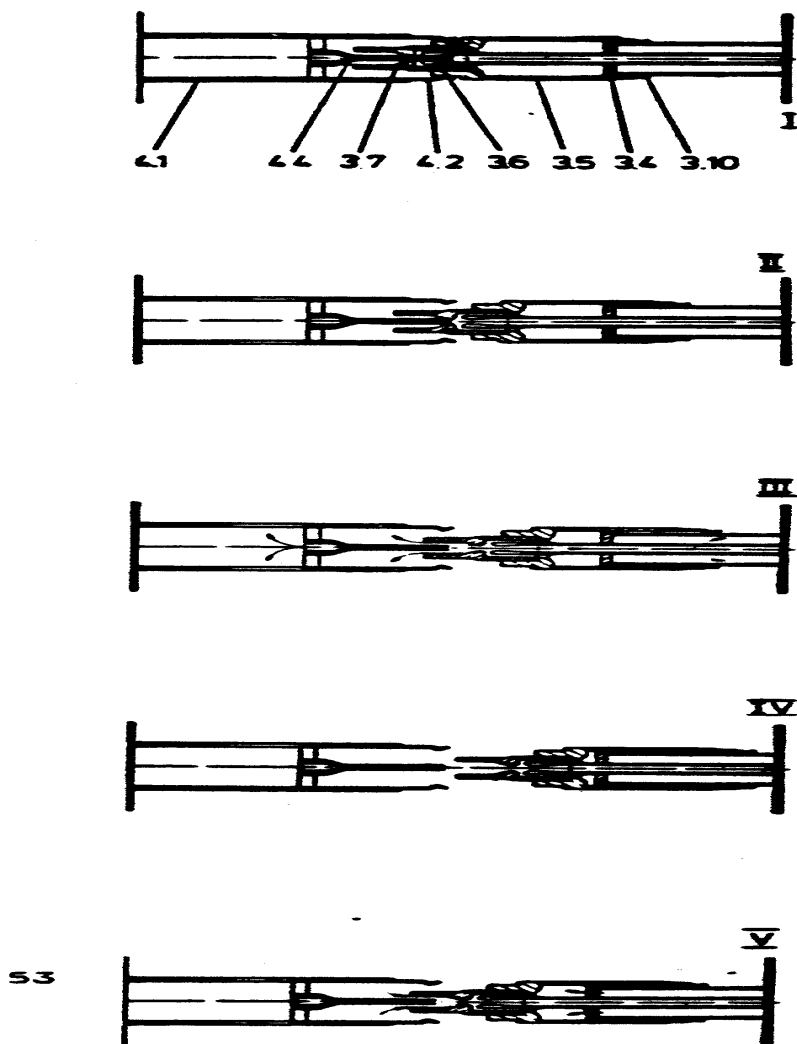
Είναι τύπος ηλεκτρομηχανικού-διακόπτη ,που χρησιμοποιεί μονωτικό υλικό τελευταίας τεχνολογίας. Τα τελευταία χρόνια έχει επεκταθεί και στη χώρα μας η χρήση συσκευών, (μετασχηματιστές διακόπτες , κ.τ.λ.) υποσταθμών υψηλή τάσης, που είναι μονωμένες με συμπιεσμένα αέρια (GIS).Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει αυτού του είδους η μόνωση έναντι των συμβατικών μεθόδων (αέρας ,λάδια) είναι ο μικρότερος όγκος των συσκευών ,ευκολότερη συντήρηση και σχετική ανεξαρτησία από την ατμοσφαιρική ρύπανση. Το συνηθισμένο αέριο που χρησιμοποιείται γι'αυτό το σκοπό είναι το εξαφθοριούχο θείο (SF6),σε πιέσεις 2.5 έως 4.5 bar. Οι πολύ καλές ηλεκτρικές και χημικές ιδιότητες, του SF6 έχουν επιβάλει την χρήση του σαν μονωτικό (μεγάλη διηλεκτρική αντοχή περίπου 3 φορές, μεγαλύτερη του αέρα στο 1 bar, μεγάλη θερμική αγωγιμότητα ,η μη τοξικότητα , είναι άφλεκτο και παρουσιάζει άριστες ιδιότητες σβέσεως του τόξου) .

Στην [εικόνα 3.3.3](#) σελίδα 12 ο διακόπτης είναι στη θέση ON.
Κατά την διάρκεια του ανοίγματος σχ2,ο κύλινδρος οπισθοχωρεί μαζί με όλο το σύστημα χοάνης και επαφής τουλίπας 3.6 .

Το αέριο (SF₆) το οποίο είναι παγιδευμένο μεταξύ κυλίνδρου και του πιστονιού (στάδιο συμπίεσης) από τη στιγμή που οι παράλληλες , μονωμένες επαφές διαχωριστούν το βραχυκύκλωμα αναπτύσσεται μεταξύ της κινητής και σταθερή, επαφής σχ3.

Κατά τον διαχωρισμό των ηλεκτρικών επαφών ένα τόξο τροχοδρομείται μεταξύ της σταθερής επαφής και της κινητής (tulip contact) .

Ένα ρεύμα αερίου SF₆ όμως εντονα χτυπάει το τόξο.
Μετά την διακοπή του τόξου Το αέριο συνεχίζει να ρέει μέχρι όπου ο διακόπτης φτάσει στη θέση OFF και η πίεσή του εξισορροπηθεί σχ 5

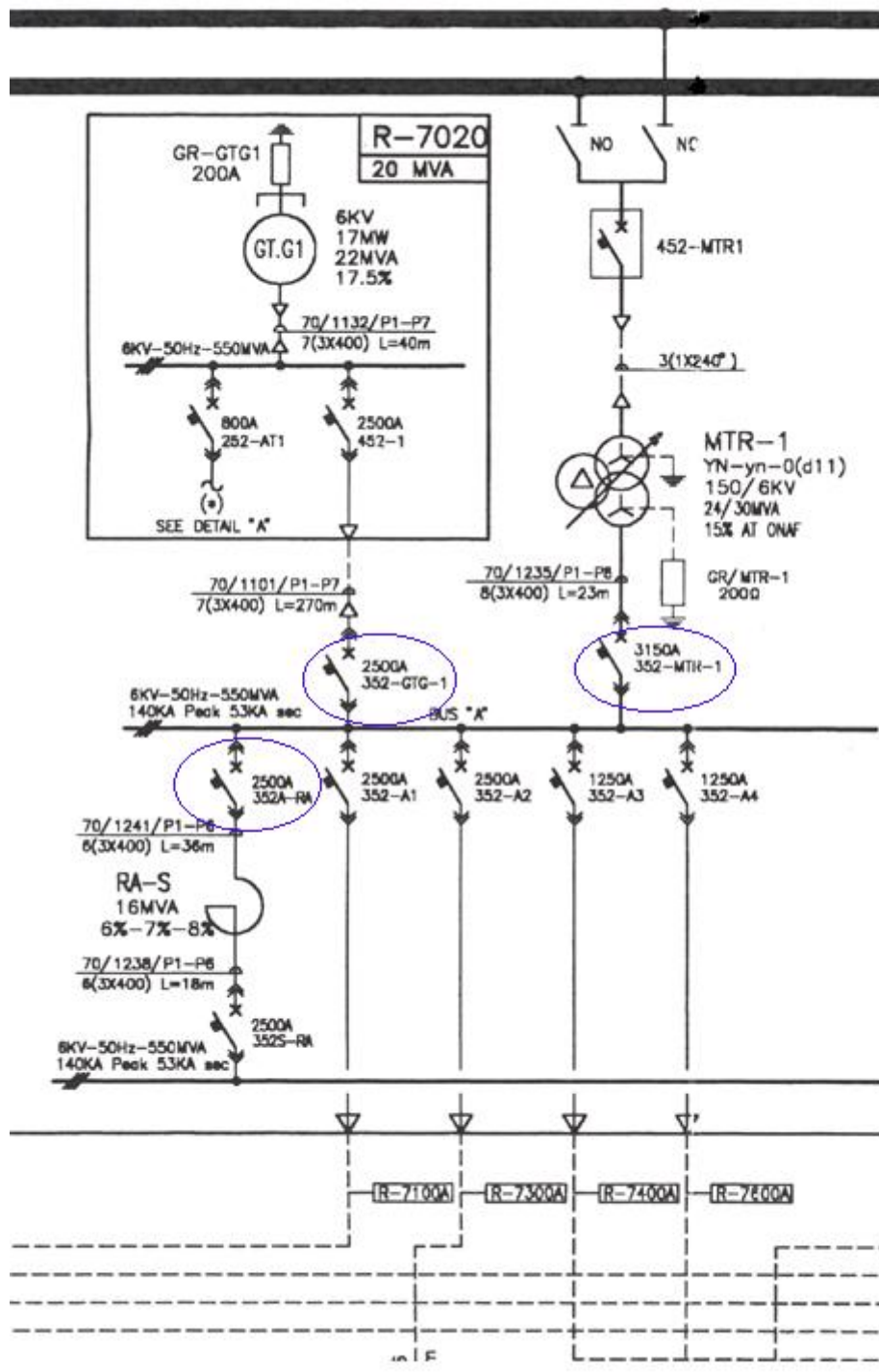


Εικόνα 3.3.3 Λειτουργία του αυτόματου διακόπτη (άνοιγμα διακόπτη)

3.4 ΖΥΓΟΙ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ BUS (A,B,C)



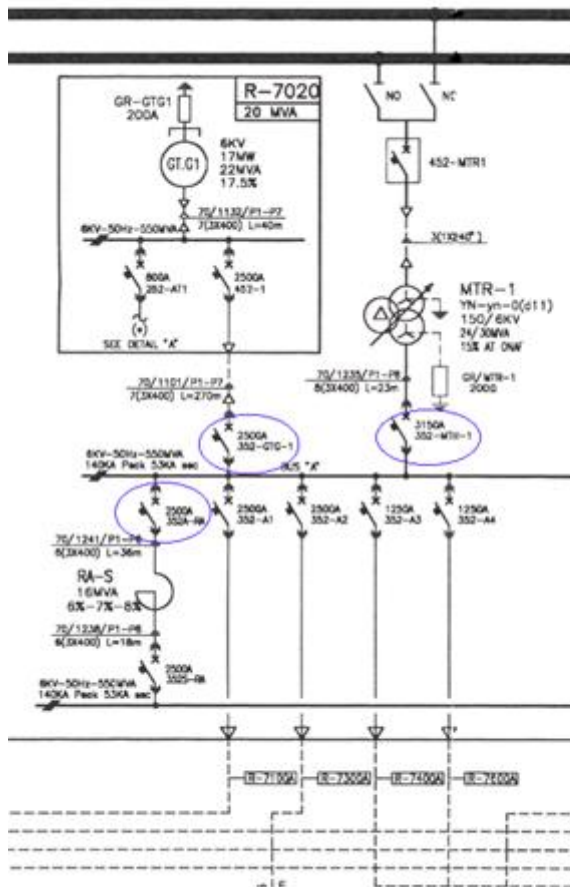
Εικόνα 3.4.1 Στην εικόνα βλέπουμε τους 3 ζυγούς τροφοδοσίας BUS A-BUS B-BUS C.



Εικόνα 3.4.2 BUS A 352-GTG-1, 352 -MTR1, 352A-RA,



Εικόνα 2.4.3 BUS A Υ/Σ 7000



Εικόνα 3.4.4 Στην εικόνα βλέπουμε τον ζυγό Α. Τις εισόδους των G1-TR1-R1, και τις αναχωρήσεις των S/S 7100A-7300A-7400A-7600A .

Έτσι μέσω των ζυγών BUS A, BUS B , BUS C, αναχωρούν οι παροχές Ισχύος 6 KV προς τους υποσταθμούς . Πιο συγκεκριμένα από την Bus A αναχωρούν οι παροχές προς τους υποσταθμούς : R-7100 A, R-7300 A, R-7400 A, R-7600 A, Ενώ από την Bus B : R-7200 A, R-7300 B , R-7600 B , R-7500 A , και από την Bus C : R-7100 B, R-7200 B, R-7400 B, R-7500 B . Με διακόπτες άλλοτε 2500 A και άλλοτε 1250 A. Χρησιμοποιώντας καλώδια : 6(3x400) mm, μήκους $L_{min}= 90$ m έως $L_{max}=460$ m (90 m ο Υποσταθμός : 7100 και 460 m ο Υποσταθμός : 7300)

Πρέπει να τονιστεί ότι από τον Ζυγό C τροφοδοτείται ο μεγαλύτερος κινητήρας του διωλιστηρίου ο EXPANDER V-4103 ανερχόμενης ισχύος 7315 KW (7.3 MW) . Με καλώδιο τροφοδοσίας ,τελικά μετά από διαδικασίες π.χ αυτομετασχηματιστή καλώδιο 5(3x400) . (Ο κινητήρας αυτός λόγω της μεγάλης του ισχύς που απαιτεί για την τροφοδοσία του έχει ιδιαίτερη μεταχείριση και εξειδικευμένα κυκλώματα για την κανονική λειτουργία του.) (την P_{min} τιμή που έχει φτάσει είναι 700 KW)

Πιο κάτω θα δούμε τα σχέδια (εξωτερική εμφάνιση) των αυτόματων διακοπών (Circuit Breaker) ,το πώς οι διακόπτες αυτοί είναι παράλληλα τοποθετημένοι και τροφοδοτούν τις αναχωρήσεις τους ,μέσω του κάθε ζυγού ξεχωριστά από τις

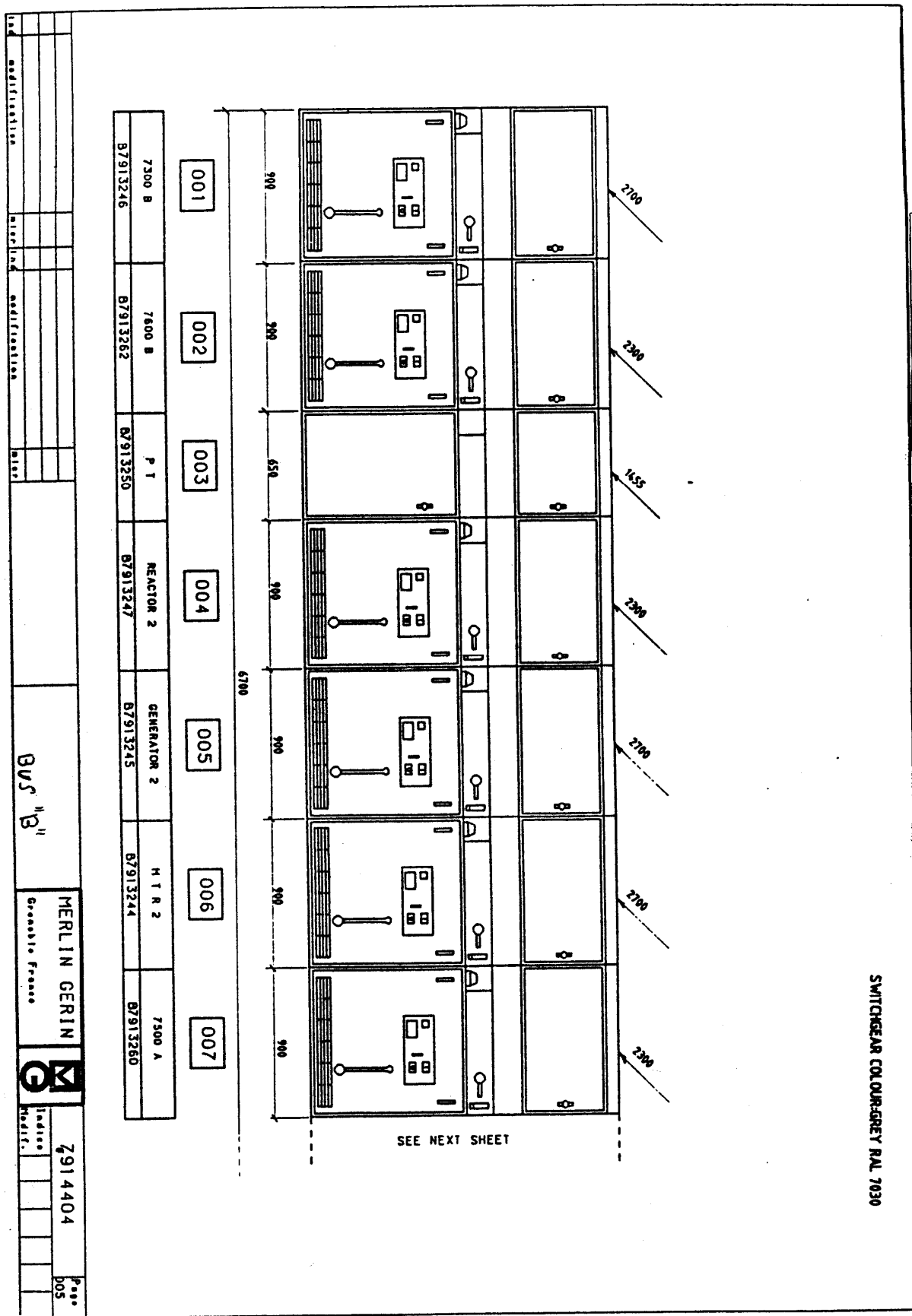
τροφοδοσίες τους (G-MTR-R) .Όπως επίσης τους διακόπτες των Αντιδραστήρων στον ζυγό συγχρονισμού.



Εικόνα3.4.5 Αυτομετασχηματιστής EXPANDER V-4103

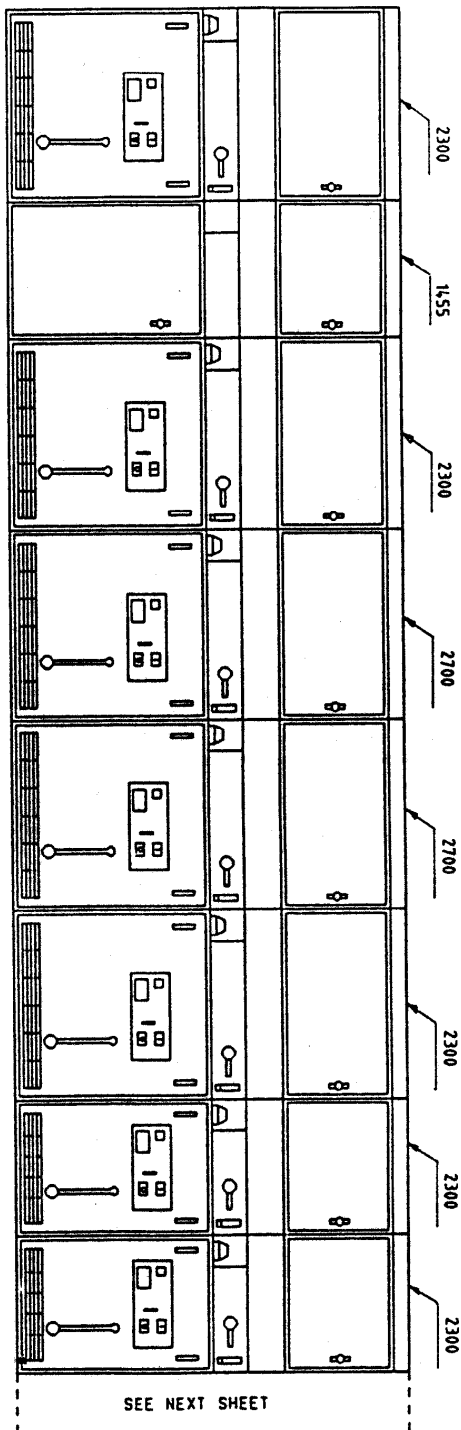
Στην συνέχεια θα αναφερθούμε στα κυκλώματα των διακοπών τροφοδοσίας των ζυγών ,από τις 3 Γεννήτριες τους 3 Μ/Σ και τους 3 Reactors .Και πώς αυτοί ανάλογα την συμπεριφορά τους "επικοινωνούν " με το Σύστημα Απόρριψης Φορτίων ,βοηθητικές επαφές των διακοπών 'LSS' .Όπως επίσης πότε ανοίγουν ή κλείνουν οι διακόπτες αυτοί και γιατί. . Ακόμα θα δούμε τις προστασίες των ίδιων των διακοπών, προστασίες των Γεννητριών ,των Αντιδραστήρων και Μετασχηματιστών

Παρακάτω θα δούμε το σύνολο των διακοπών εισερχόμενης και εξερχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ,που το σύνολο αυτών που είναι τοποθετημένοι παράλληλα ο ένας δίπλα στον άλλών που αποτελούν της 3 γραμμές τροφοδότησης της βιομηχανίας. Τις BUS A-B-C . Κάθε BUS είναι τριφασική γραμμή 6 KV η κάθε μία, και όπως αναφέρεται σε κάθε υποσταθμό αναχωρούν δυο BUS ,δύο γραμμές τροφοδοσίας, καταλήγοντας σε συστοιχία διακοπών ,που ενώνοντας τους καθαυτό των τρόπο αποτελούν τους ζυγούς τροφοδοσίας του κάθε υποσταθμού. Με άλλα λόγια θα δούμε τους ζυγούς παροχής ,BUS του υποσταθμού 7000, τα γνήσια σχέδια της εταιρίας η όπια τις κατασκεύασε. Η εταιρία είναι η MERNIN ZERIN.



Εικόνα 3.4.7 BUS 'B'

SWITCHGEAR COLOUR: GREY RAL 7030



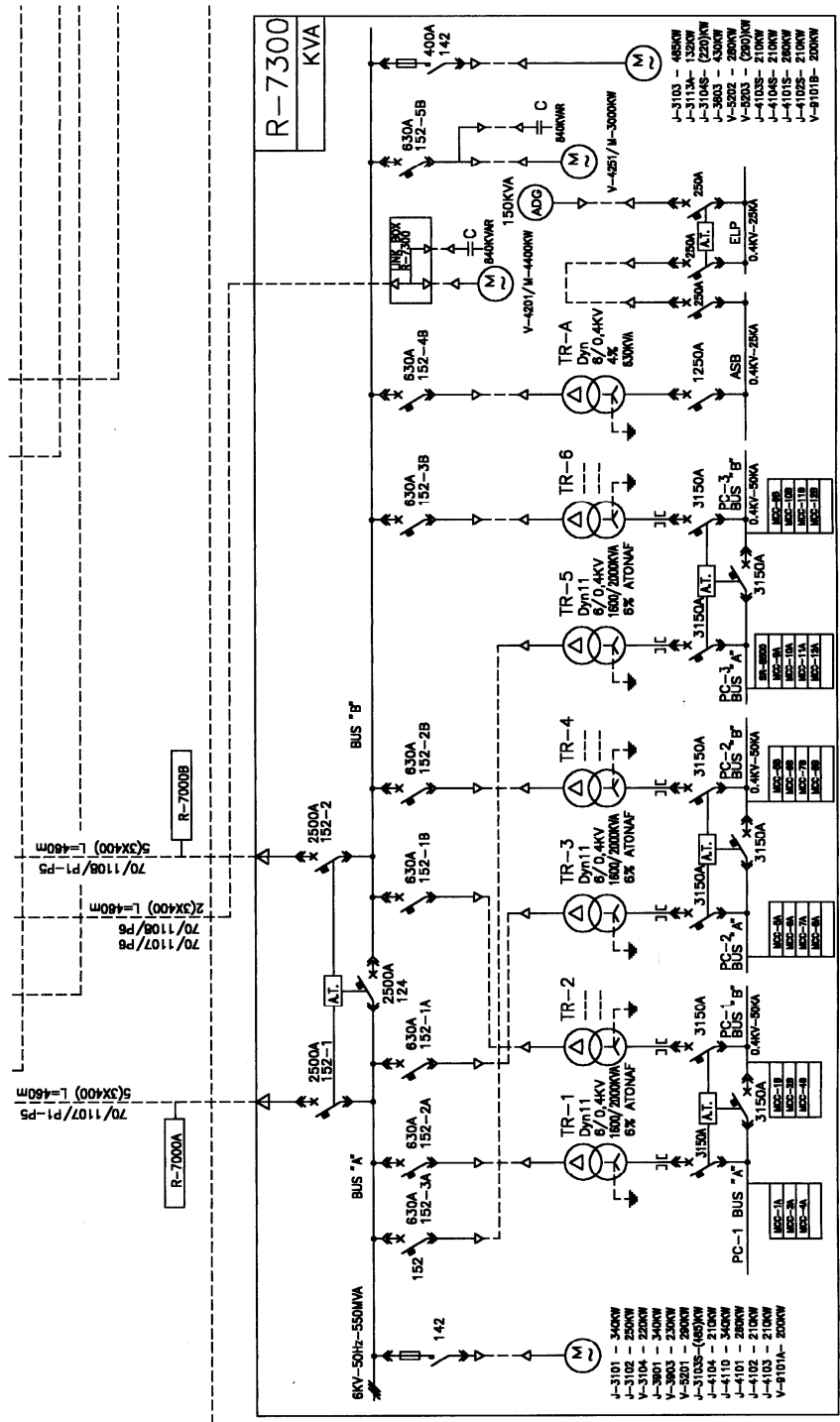
001	002	003	004	005	006	007	008
7100 B C7913246	P 1 C7914427	REACTOR 3 C7913247	GENERATOR 3 C7913245	H T R 3 C7913244	7500 B C7913260	7200 B C7913262	7400 B C7913262

C UP TO DATE AFTER COMMENTS				MERLIN GERIN		C7914404		Page	
B APPROVED TITLE SHEET				Graphic France				008	
A FIRST ISSUE		E As built						Index	
Ind modification		Revision modification						E	

Εικόνα 3.4.8 BUS 'C'

4.ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ 7300

Εδώ βλέπουμε, την είσοδο της τροφοδοσίας από τον 7000 έως την τροφοδοσία των μικρότερων φορτίων τα MCC. Το V4201, έχει μεταφερθεί στον 7000, και έχει τοποθετηθεί ένα άλλο ισχύος 3MW. Bus B.



Εικόνα 4.1

4.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΖΕΥΞΗΣ ΖΥΓΩΝ (AUTO COUPLER). ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΦΟΡΤΙΩΝ (TRANSFER).

Οι παροχές όπως και όλα τα μέρη του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού είναι υπολογισμένα για την τροφοδοσία των φορτίων και των δύο ζυγών, έστω και με έναν από τους δύο. Δηλαδή η ισχύς και των δύο ζυγών μαζί που παρέχεται στα φορτία μπορεί να τροφοδοτηθεί και μόνον από τον ένα ζυγό (από τους δύο).

Ανάμεσα στους, δύο ζυγούς υπάρχει ένας διακόπτης που ονομάζεται BUS TIE (ζεύξη ζυγών) όπου με την βοήθεια και την συνεργασία του ηλεκτρολογικού, ηλεκτρονικού και μηχανικού εξοπλισμού που ελέγχει κάποιες συνθήκες τάσης, ρεύματος, συχνότητας και χρόνου - ενεργοποιείται και διασύνδεει τους δύο ζυγούς. Η κανονική λειτουργία γίνεται με τους 152 -1 και 152-2 κλειστούς και το διακόπτη BUS TIE ανοικτό όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

Ασφαλώς πρέπει για να γίνει Transfer να ισχύουν οι προϋποθέσεις Συγχρονισμού

Η διαδικασία ενεργοποίησης του bus tie λαμβάνει χώρα σε δυο περιπτώσεις:

α) Χειροκίνητα.

β) Αυτόματα.

α) Στην περίπτωση προγραμματισμένης, μεταφοράς φορτίων όλου του υποσταθμού (π.χ για συντήρηση) από τους διακόπτες εισόδου των ζυγών 152-1 και 152-2 μόνο στον έναν από τους δύο και συνεπώς άμεση απενεργοποίηση του άλλου. Την διαδικασία αυτή την ονομάζουμε Transfer).

β) Στην περίπτωση που σε κάποιο ή κάποια από τα φορτία του ενός εκ των δύο ζυγών δημιουργήσει πρόβλημα σε αυτόν από, βύθιση τάσης ($<U$), ή υπερφόρτωση ($I >$).

Στην πρώτη περίπτωση όπου η διαδικασία γίνεται χειροκίνητα τα φορτία δεν "βλέπουν" καμία διακοπή διότι πρώτα κλείνει ο διακόπτης bus tie (καθώς τα κυκλώματα προστασιών του ελέγχουν τις συνθήκες παραλληλισμού: συμφωνία φάσεων, τάσεων και συχνότητας 50Hz) και κατόπιν ανοίγει ο διακόπτης της, εισόδου του ως τώρα τροφοδοτούμενου ζυγού.

Στην δεύτερη περίπτωση τα φορτία "βλέπουν". διακοπή καθώς είναι αδύνατον να προβλεφθεί το σφάλμα αλλά ύστερα από την διασύνδεση των ζυγών και την αποκατάσταση της ονομαστικής τάσης τα φορτία δεν ενεργοποιούνται αμέσως όλα μαζί αλλά τίθεται σε λειτουργία ένας άλλος ηλεκτρονικός μηχανισμός που φέρει ο πίνακας ελέγχου του κάθε φορτίου, που εκκινεί σε συγκεκριμένο χρόνο το κάθε ένα

και αυτό διότι η άμεση ενεργοποίηση όλων των φορτίων θα δημιουργούσε τεράστια βύθιση τάσης και υπερφόρτωση κατά την εκκίνηση που θα απέρριπτε την τροφοδοσία.

Η διαδικασία αυτή επανεργοποίησης ονομάζεται REACCELARATION.

Η διαδικασία αυτόματης ζεύξης ζυγών και απενεργοποίησης του

κατάλληλου διακόπτη εισόδου τροφοδοσίας γίνεται κυρίως με την επιτήρηση των τιμών τάσης και έντασης σε ορισμένα νευραλγικά μέρη του κυκλώματος της εγκατάστασης .

- α) Οι αφίξεις και οι αναχωρήσεις στους αυτόματους διακόπτες.
- β) Απ' ευθείας πάνω στους ζυγούς.

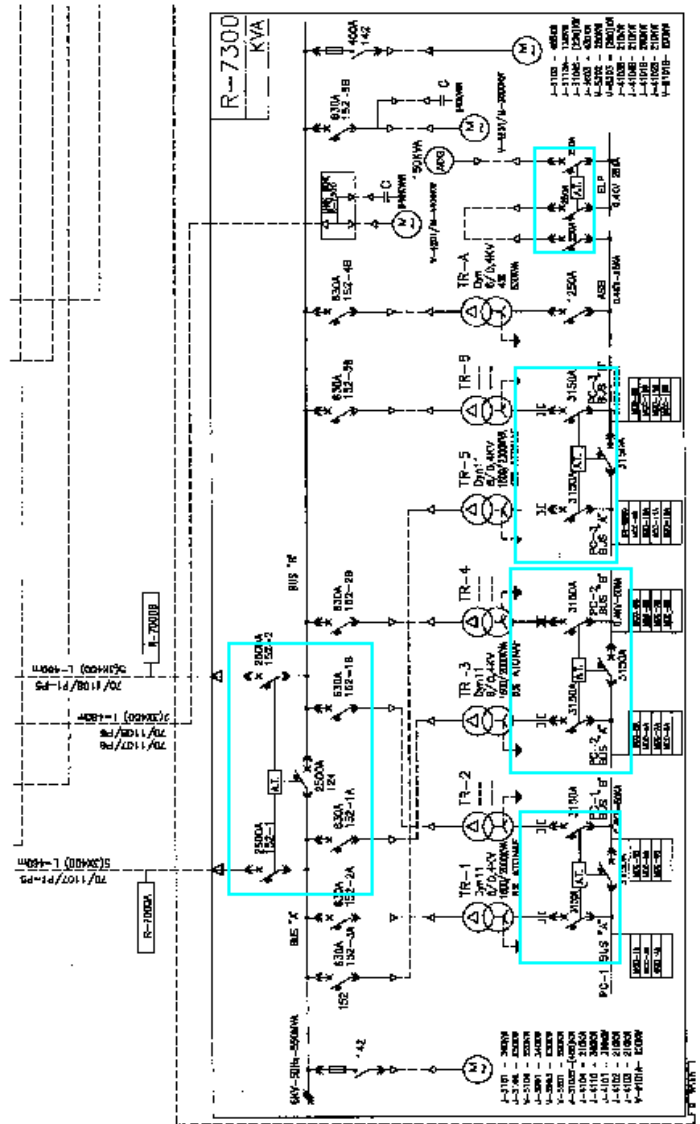
Η ενεργοποίηση του διακόπτη bus tie γίνεται κατά κύριο λόγο μετά από την εντολή του οργάνου ελλείψεως τάσης. ενώ η απαγόρευση (BLOCK) γίνεται κατόπιν εντολής του οργάνου έλλειψης τάσης και σε συνδυασμό με το όργανο ακαριαίας υπερφόρτωσης ρεύματος (ISTANDANIUS OVERCURRENT).

Τα παραπάνω λειτουργούν με την ακόλουθη σειρά και κατά στάδια:

- 1). Στο 90% της τάσης (δηλαδή -10% της ονομαστικής) γίνεται απαγόρευση της ενεργοποίησης του διακόπτη bus tie.
Αυτό συμβαίνει γιατί η εκκίνηση κάποιου φορτίου η γκρουπ από φορτία ,ακόμη και με την μέθοδο του reacceleration θα δημιουργούσε κάποια βύθιση ανεκτή όμως για το δίκτυο και για τις πηγές του.
- 2). Στο 80% της τάσης γίνεται απενεργοποιήσει όλων των φορτίων στους αυτόματους διακόπτες τους και συνεπώς απορρίπτονται.
- 3) Στο 75% της τάσης απενεργοποιείται ο διακόπτης της εισόδου του προβληματικού ζυγού.
- 4) Στο 40% της τάσης γίνεται ενεργοποίηση του διακόπτη ζεύξης.

Για την περίπτωση στερεού βραχυκυκλώματος απ'ευθείας πάνω στον ζυγό και για συγκρίσιμες περιπτώσεις τέτοιου μεγέθους σφάλματος έχει προβλεφθεί όργανο ακαριαίας υπερφόρτισης ρεύματος χωρίς χρόνο (istandanius overcurrent relay) που θα κάνει μόνιμη απαγόρευση ενεργοποίησης του διακόπτη ζεύξης και σε συνεργασία με όργανο κλειδώματος σφαλμάτων (LOCK OUT) έως της στιγμής του χειροκίνητου reset έτσι ώστε να αποτραπεί η τροφοδότηση του σφάλματος από τον υγιή ζυγό και που θα προξενούσε την άδικη απώλειά του.

Η κανονική λειτουργία γίνεται με τους 152 -1 και 152-2 κλειστούς και το διακόπτη BUS TIE ανοικτό όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα



Εικόνα 4.1.1 Υποσταθμός 7300 Bus-Tie



Εικόνα 4.1.2

Στην εικόνα 4.1.2 Είσοδος ενός Μ/Σ INCOMING I σε πίνακα PC ,δίπλα από το τμήμα υπάρχει ο διακόπτης BUS TIE ,και παραδίπλα υπάρχει η είσοδος από άλλο Μ/Σ INCOMING II



Εικόνα 4.1.3 Καλώδιο NAKBA (χαρτί με μηχανική ενίσχυση) 3X6KV/Φάση

5. ΑΥΤΟΜΑΤΟΙ ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Για την ζεύξη απόζευξη των μετασχηματιστών , αντιδραστήρων, φορτίων και γεννητριών χρησιμοποιούμε αυτόματους διακόπτες για τάση 6 KV .

Η εκλογή της τάξης μεγέθους των διακοπών γίνεται με βάση την μέγιστη ισχύ διακοπής .

Έτσι για να έχει την δυνατότητα ο ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ (Α.Δ) να αποκόπτει (στην ακραία περίπτωση) την ισχύ σε ποσοστό 100 % του κάθε ζυγού πχ. στα 30 MVA ,το ανάλογο ρεύμα ανέρχεται στα 2830 A και εκλέγεται διακόπτης της αμέσως μεγαλύτερη κατηγορίας.

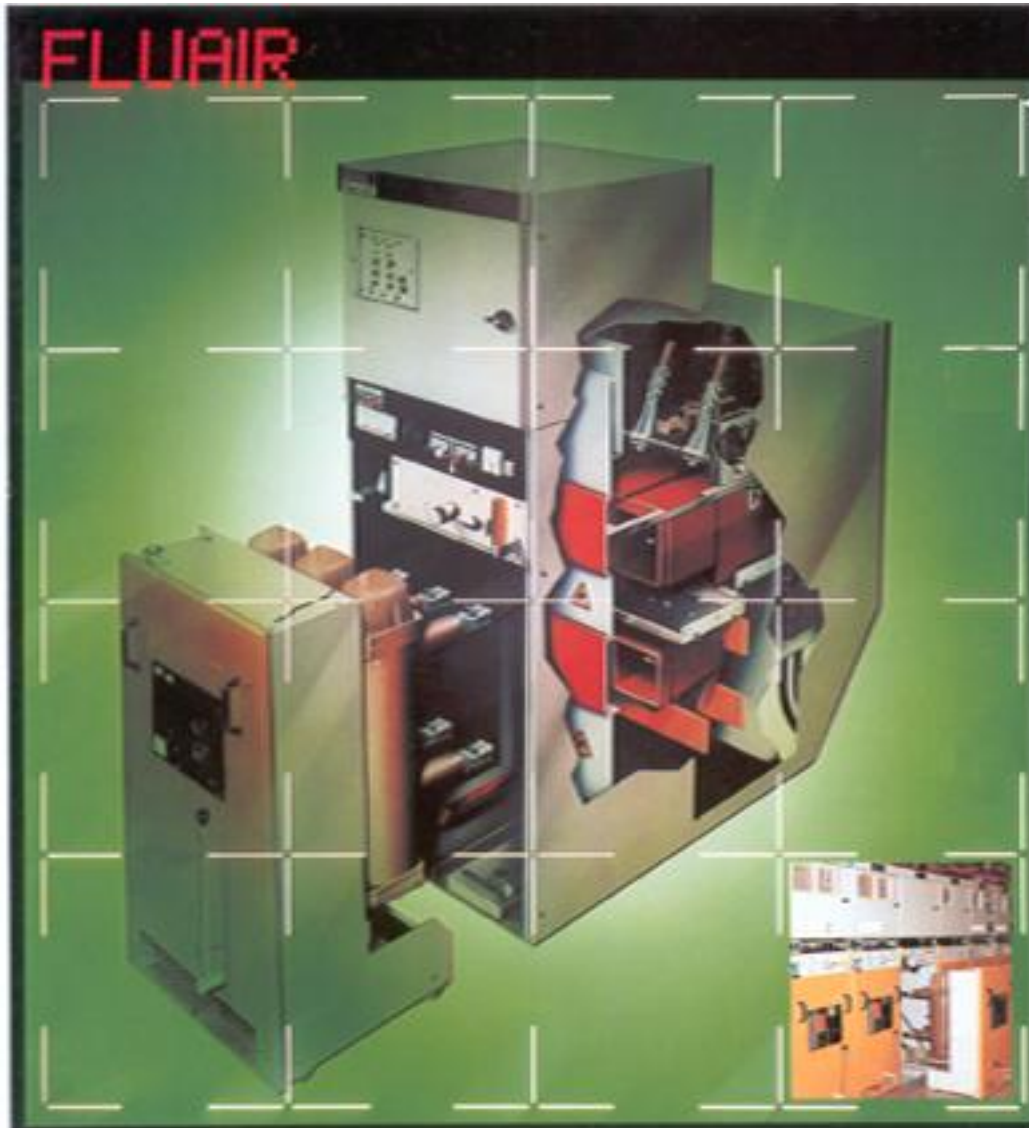
Οι χρησιμοποιούμενοι διακόπτες πρέπει επίσης να έχουν την δυνατότητα αποκοπής ύστερα από το σήμα ενεργοποιήσεις τους στη διάρκεια από 0 --1 sec.

Τέτοια χαρακτηριστικά συναντώνται σε ηλεκτρομηχανικούς διακόπτες υψηλής τεχνολογία, και ένας τέτοιος είναι και ο παρουσιαζόμενος τύπος FLUAIR 100 της MERLIN ZERIN .

Είναι ηλεκτρομηχανικοί διακόπτες που με την βοήθεια ηλεκτροκινητήρα που φέρουν στα μηχανικά τους μέρη σπλίζουν ένα ελατήριο που θα δώσει την ώθηση για την σύνδεση ή αποσύνδεση των επαφών τους .

Ο χρησιμοποιούμενος διακόπτης είναι τύπου FLUAIR 100 της MERLIN ZERIN και συναντάται σε μεγέθη ρευμάτων 630 --3150 A και ονομαστική τάση 7.2 KV.

χρησιμοποιούν δε για την απόσβεση του τόξου εξαφθοριούχο θείο (SF₆).



Εικόνα 5.1

Στην εικόνα 5.1 Συρτάρι που περιέχει τις "μπουκάλες" απόσβεσης του τόξου. Το οποίο συρτάρι εισέρχεται στο άλλο τμήμα του διακόπτη ,ενώνοντας τους ακροδέκτες του με τις bus ζυγούς 6KV. Στην περίπτωση που δεν υπάρχουν contactors ρελέ τοποθετούνται ασφάλειες σε οριζόντια θέση.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΚΟΠΤΩΝ

Εργοστάσιο κατασκευής : MERLIN ZERIN.

Τύπος : FLUAIR 100.

ονομαστική τάση : 7.2 KV.

Ανώτατο ρεύμα κανονικής λειτουργίας : 3150 A.

Επίπεδο μόνωσης : 1 λεπτό 50 HZ 20 kv (rms).

παλμός : 1.2/50 μsec wave 60 kv (peak).

Withstand currents : 1 sec 50 KA (peak value).

: 125 KA (peak value).

Προστασία : IP 30.

Μέγιστες τιμές ρεύματος (dissipated power) : 630 A , 1250 A , 2500 A , 3150 A.



Εικόνα 5.2 Διακόπτης 6KV ,της MERLIN GERIN

6. Πίνακας ASB (Auxiliary Service Board)

Ο πίνακας ASB [εικόνα 6.1](#) τροφοδοτεί μονοφασικά ή τριφασικά βοηθητικά φορτία όπως κλιματιστικά μηχανήματα, κυκλώματα φωτισμού πεδίου, δρόμων, λεκανών δεξαμενών ελεγχόμενα από φωτοκύτταρα ή από τοπικούς πίνακες φωτισμού, ρευματοδότες 220 V ή 380 V, παροχές βοηθητικών πινάκων πεδίου



Εικόνα 6.1 Βοηθητικός πίνακας ASB



Εικόνα 6.2 Μετασχηματιστής διανομής 6kV/0,4kV

Μετασχηματιστής ισχύος υποβιβασμού τάσης TR-A (Transformer Auxiliary) 6/0,4 kV τροφοδοτεί Πίνακα Χαμηλής Τάσης 0,4 kV ASB (Auxiliary Service Board), ο οποίος είναι διασυνδεδεμένος με τον Πίνακα Χ.Τ., ELP (Emergency Lighting Panel) **Εικόνα 6.2**

Ο πίνακας ELP υποστηρίζει κυκλώματα όπως βάνες, φορτιστές υποσταθμών, συστήματα πυρασφάλειας και πυρόσβεσης, συστήματα UPS, κυκλώματα φωτισμού emergency, τοπικούς πίνακες συμπεστών (Local Control Panels) [Εικόνα 5.3](#)



Εικόνα 6.3 Πίνακας ELP

Ο Πίνακας ELP υποστηρίζεται επιπλέον από Γεννήτρια Εκτάκτου Ανάγκης EDG (Emergency Diesel Generator) S:150KVA, Iov:250A V:400VOLT
Σε κανονική κατάσταση λειτουργίας, ο Πίνακας ELP τροφοδοτείται από τον Πίνακα ASB, ενώ η Γεννήτρια Εκτάκτου Ανάγκης είναι εκτός λειτουργίας και ο αντίστοιχος διακόπτης ανοικτός.



Εικόνα 6.4 Γεννήτρια Εκτάκτου Ανάγκης EDG (Emergency Diesel Generator)



Εικόνα6.5 Πίνακας γεννήτριας εκτάκτου ανάγκης(EDG)

γεννητριών είναι η ίδια ABB πρώην BBC. Γιαυτό θα αναλύσουμε την λειτουργία κατασκευής της μίας , της G2 ΑΤΜΟΥ.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ -ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ

Παρακάτω δίδεται λεπτομερή περιγραφή και επεξήγηση της λειτουργίας της μηχανής με βάση το σχέδιο.

Η γεννήτρια G2έχει τριφασικό τύλιγμα στο στάτη σε διάταξη μόνιμου αστέρα που καταλήγει στα ακροκιβώτια .

Ο δρομέας έχει δύο ζεύγη πόλων που αποτελούν την διέγερση και που τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα που προσφέρει η διεγέρτρια που είναι κομπλαρισμένη στο δρομέα της κύριας γεννήτριας .

Αυτή έχει τριφασικό τύλιγμα στο δρομέα σε διάταξη αστέρα από εκεί μέσω τριφασικού ανορθωτή τύπου διόδων πακτωμένο στον δρομέα το εναλλασσόμενο ρεύμα μετατρέπεται σε συνεχές και οδηγείται απ'ευθείας στο δρομέα της κύριας γεννήτρια, χωρίς μεσολάβηση ακροκιβώτιου.

Στο στάτη έχει τύλιγμα συνεχούς, ρεύματος με 10 ζεύγη πόλων που στις 1500 στροφές , θα εξασφαλίσουν 125 HZ συχνότητα στο τριφασικό τύλιγμα του δρομέα.

Αυτό γίνεται για να επιτευχθεί όσο το δυνατόν μικρότερη κυμάτωση της συνεχούς τάσης προς την διέγερση .

Τέλος τα πηνία του στάτη ομαδοποιούνται στο εσωτερικό της μηχανής και καταλήγουν σε λήψεις F1 και F2 του ακροκιβώτιου.

Επίσης κομπλαρισμένος πάνω στον ενιαίο ρότορα είναι και ο δρομέας της διεγέρτριας μόνιμου μαγνήτη PMG .

Αυτή η μικρή μηχανή έχει δρομέα με μόνιμους μαγνήτες και τριφασικό τύλιγμα στο στάτη σε διάταξη αστέρα που καταλήγει στο ακροκιβώτιο .

Απο εκείνο το σημείο (έξοδος της PMG) παίρνουμε την τάση και την ανορθώνουμε να να οδηγήσουμε την κύρια διεγέρτρια στο ακροκιβώτιο .

Έτσι ο χειρισμός της G2 γίνεται με αυτόν τον τρόπο και απο αυτό το σημείο. μέσω οργάνων ελέγχου και προστασίας.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ ΚΥΡΙΑΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Χαρακτηρισμός :	3 phase synchronous machine.
Εργοστάσιο κατασκευής :	BBC .
Αριθμός μηχανής :	1003812 / 1986.
Τύπος :	WG 1000 mb 4.

Ισχύς :	20 MVA.
Duty :	SI.
Βάρος :	44.250 Kgr.
Τρόπος ψύξης :	81.
Πρότυπο κατασκευής :	83.
Αριθμός στροφών :	1500 rpm.
Συχνότης :	50HZ.
Ζεύγη πόλων :	2.
Τάση στάτορα :	6300V.
Ένταση στάτορα :	1833 A \ 3» Υ
Συντελεστής ισχύος :	0.8 .
Τάση διεγέρτη :	117 V.
Ένταση διεγέρτη :	565 A.
Τρόπος προστασίας :	IP 44.
Έγερση συνεχούς ρεύματος .	
Ηλεκτρικά πρότυπα :	I.E.C. 34-1 \ 1983.
Κατηγορία απομονώσεως :	F \ F.
Αριθμός αγοράσεως :	222 \ AF-14 αριθμός άρθρου 51 .

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΙΕΓΕΡΤΡΙΑΣ

Εργοστάσιο Κατασκευής :	BBC.
Αριθμός μηχανής :	M 1003813 \1986.
Τύπος :	WE 500 αα -10 \ 4.
Ισχύς :	75 KW.
Βάρος :	1600 Kgr.

Τρόπος ψύξης : **81.**
Πρότυπος κατασκευής : **(IM) A4**
Αριθμός στροφών : **1500 rpm.**
Συχνότης : **125 HZ.**
Συντελεστής ισχύος : **0.96.**

Τάση στάτορα : U1 = 117 volt
U2= 86 volt

Ένταση στάτορα : I1 = 595 A.

: I2 = 5.65 A.

Έγερση συνεχούς ρεύματος.

Τρόπος προστασία : **IP 44.**

Ηλεκτρικά πρότυπα : **I.E.C. 34-1 \ 1983.**

Κατηγορία απομονώσεως : **(CL) > f \ f.**

Δρομέας τριφασικού εναλλασσόμενου τυλίγματος με στρεφόμενες διόδους τριφασικής ανόρθωσης : 3 ->|-

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΙΕΓΕΡΤΡΙΑΣ ΜΟΝΙΜΟΥ ΜΑΓΝΗΤΗ

<u>Χαρακτηρισμός :</u>	<u>Permanent magnet pilot exciter</u>
Εργοστάσιο κατασκευής :	BBC
Αριθμός σειράς παραγωγής :	HT 101 166\ 101167
Αριθμός μηχανής :	T 101145
Τύπος :	WPE 35-9-4R 20
	Ονομαστική οριακή
Ισχύς :	5 KVA 6.6 KVA
Τάση :	170 v 170 v
Ένταση στάτη:	17 A 22.5 A
Συντελεστής ισχύος :	0.5 0.8
Αριθμός στροφών :	1500 rpm.
Συχνότητα :	50HZ.
Αριθμός πόλων :	4
Αριθμός φάσεων :	3

Συνδεσμολογία φάσεων στάτη:	Αστέρας
Ηλεκτρικά πρότυπα :	I.E.C 34-1
Πρότυπος κατασκευής:	(IM) 1510
Κλάση απομόνωσης :	F/B.
Βάρος ρότορα :	34 kgr
Βάρος στάτορα:	110 kgr
Τρόπος ψύξης :	01
Δοκιμή τάσης για 50HZ\ 60HZ στο τύλιγμα του στάτη :	3100 volt
Βραχυκύκλωμα 3 φάσεων I κ3:	80 A+5%(94.0A)
Σταθερότητα τάσης χωρίς φορτίο :	210 v+10%(224v)
Αντίσταση μόνωσης τυλίγματος στάτη:	>1MΩ

7.2 ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΤΗΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Εκκίνηση ή start up της γεννήτριας ονομάζουμε την κατάσταση αυτή που η μηχανή περνά από την κατάσταση πλήρους ηρεμίας μέχρι την στιγμή που θα είναι ικανή να παραλάβει ηλεκτρικό φορτίο.

Κατά το διάστημα ηρεμίας της μηχανής και εάν αυτό είναι για μεγάλο χρονικό διάστημα, λειτουργούν στο εσωτερικό του στάτη ηλεκτρικές αντιστάσεις θερμάνσεως που κρατούν μία σταθερή θερμοκρασία στα τυλίγματα και συμβάλουν στην αποφυγή δημιουργίας υγρασίας.

Κατά την διαδικασία της εκκίνησης διακόπτεται η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος στις αντιστάσεις θέρμανση, και τροφοδοτούνται τα βοηθητικά κυκλώματα της μηχανής ,όπως αντλίες λίπανση, ανεμιστήρες για την ψύξη κ.α.

Όλες οι διαδικασίες που ακολουθούνται γίνονται με γνώμονα τις συνθήκες παραλληλισμού.

Συγχρόνως όμως ,έχουν αρχίσει οι ενέργειες για την εκκίνηση του στροβίλου και σε συνεννόηση με τον αρμόδιο αυτό τομέα αρχίζει η εκκίνηση του στροβίλου και συνεπώς και του δρομέα της γεννήτριας.

Με την βοήθεια του συστήματος κατανομής του ατμού (steam control) και μέσω βαλβίδων αυτού (live steam valves) που βρίσκονται στα ακροφύσια ατμού του συστήματος στροβίλου επιτυγχάνεται εκκίνηση αυτού από 0 μέχρι 6000 στροφές το λεπτό.

Ανάμεσα στο δρομέα της γεννήτριας και στο στρόβιλο υπάρχει ένας , μηχανικός μειωτήρα, που διαιρεί τις στροφές 4 φορές, για να φτάσουν στις 1500 το λεπτό. όπου είναι και ο σύγχρονος αριθμός στροφών, που για την τετραπολική αυτή μηχανή (2ρ) θα δώσουν συχνότητα 50 HZ.

Ο λόγο, της διαίρεσης των στροφών είναι:

α) Η μέγιστη ροπή στρέψης, του στροβίλου είναι σε αυτό τον αριθμό στροφών.

β) Με την διαίρεση των στροφών έχουμε ανάλογη αύξηση της αποδιδόμενης ροπής προς, τη γεννήτρια, και έμμεσα μεγάλη σταθερότητα στροφών που συνεπάγεται μεγάλη σταθερότητα συχνότητας .

Όταν ο αριθμός στροφών της γεννήτριας φτάσει την σύγχρονο τότε με την βοήθεια οργάνων που εξετάζουν τις συνθήκες παραλληλισμού "βάζουμε" την γεννήτρια στο δίκτυο επενεργώντας έμμεσα στον διακόπτη της.

Σημείωση ότι πρώτιστα έχει καθοριστεί μία τάση που αντιστοιχεί στην διέγερση έτσι ώστε την στιγμή που η μηχανή μπει στο δίκτυο η τάση στους πόλους Του στάτη (που εξαρτάται από τη διέγερση) να είναι ίση με την τάση του δικτύου που πρόκειται να παραλληλιστεί.

Αυτό γίνεται για την αποφυγή μετάβασης άεργου ισχύος απο ή προς την μηχανή την στιγμή του παραλληλισμού.(τις συνθήκες παραλληλισμού θα τις δούμε παρακάτω).

Τέλος στο σταμάτημα της μηχανής και για όσο χρόνο απαιτείται έως ότου η θερμοκρασία πέσει σε φυσιολογικά επίπεδα λειτουργεί ένας μηχανισμός περιστροφής του δρομέα (κρίκος) για να μην επέλθει στρέβλωση του καθώς θα κρύνει.

Αργότερα και εάν η μηχανή μείνει εκτός για καιρό επανατροφοδοτούνται οι αντιστάσεις θέρμανσης των τυλιγμάτων.

Σημείωση εάν δεν λειτουργήσει έστω και ένα από τα βοηθητικά κυκλώματα αποτρέπεται η εκκίνηση.

Σε αυτό το σημείο θα αναφέρουμε ποιές λειτουργίες θα πρέπει να , τηρήσουμε έτσι ώστε να συνδέσουμε δυο πηγές ηλεκτρικής ενέργειας (π.χ γεννήτριες και ΔΕΗ)

Αρχική σύνδεση -ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟ

1. Συμφωνία και διαδοχή φάσεων . { [R-S-T] }

[R-S-T]

2. Συμφωνία ορίου τάσεων. (π.χ Δu 10 %)

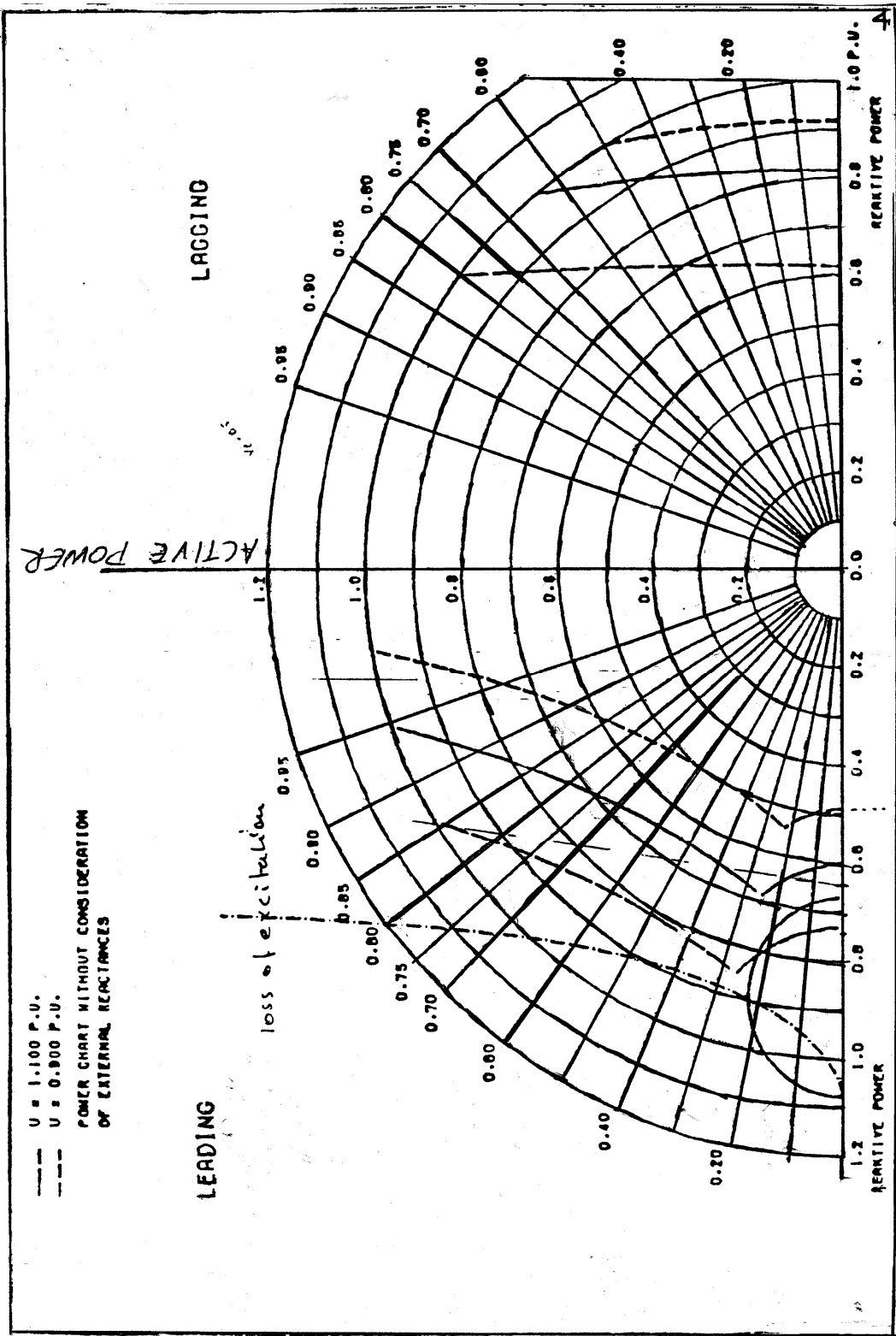
3.Ίδια συχνότητα ,Στροφές ίδιες 50 HZ - 50 HZ

4.Γωνία φάσεων .

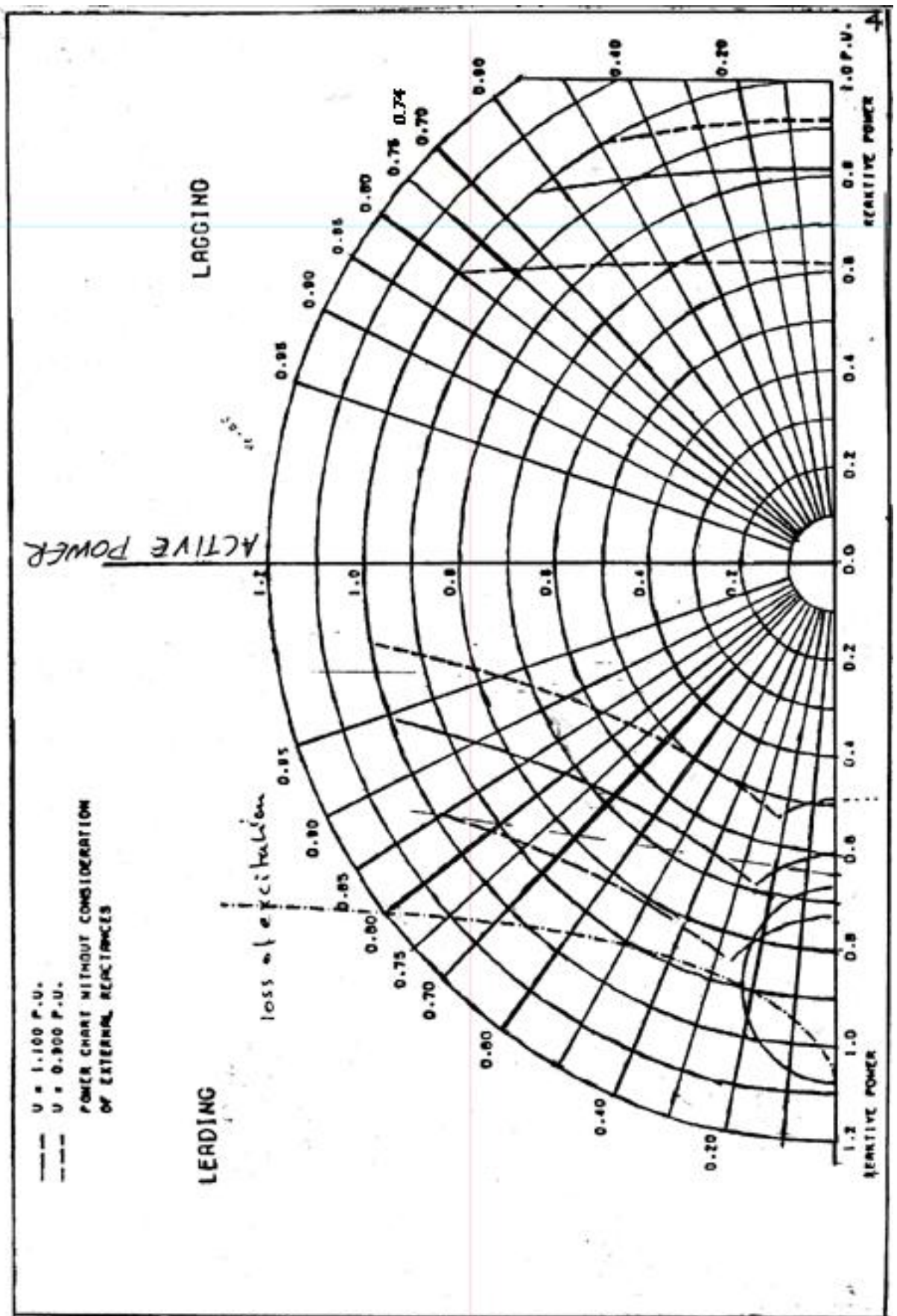
Σε ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟ με ΔΕΗ

1. Για αύξηση πραγματικής ισχύος αυξάνουμε στροφές της μηχανής (γεννήτριας).
 2. Για αύξηση άεργου ισχύος αυξάνουμε την διέγερση γεννήτριας.
- Στην παρακάτω σελίδα θα δούμε την γραφική παράσταση λειτουργίας της γεννήτριας ,όπου στον άξονα τον X-X' απεικονίζεται η άεργος ισχύς ενώ στον Ψ-Ψ' η ενεργός ισχύς σε p.u (υπολογίζοντας το 100 % της αναλογίας p.u ίσο με 16 MW)
Η γεννήτρια στο δίκτυο της βιομηχανίας μας λειτουργεί στο LACCING μέρος του γραφήματος .

Πρέπει να τονιστεί ότι η μηχανή μας (γεννήτρια) λειτουργεί "χωρητικά" , "χαλώντας" το δικό της συνημίτονο (π.χ $\cos\phi=0.73$) διορθώνοντας το συνημίτονο του δικτύου της βιομηχανίας .



Εικόνα 7.2.1 Η διόρθωση του $\cos\phi$ του δικτύου γίνεται, "χαλώντας", το $\cos\phi$ της γεννήτριας, $\cos\phi=0.74$.



Εικόνα 7.2.2



Εικόνα 7.2.3 Control Panel της γεννήτριας

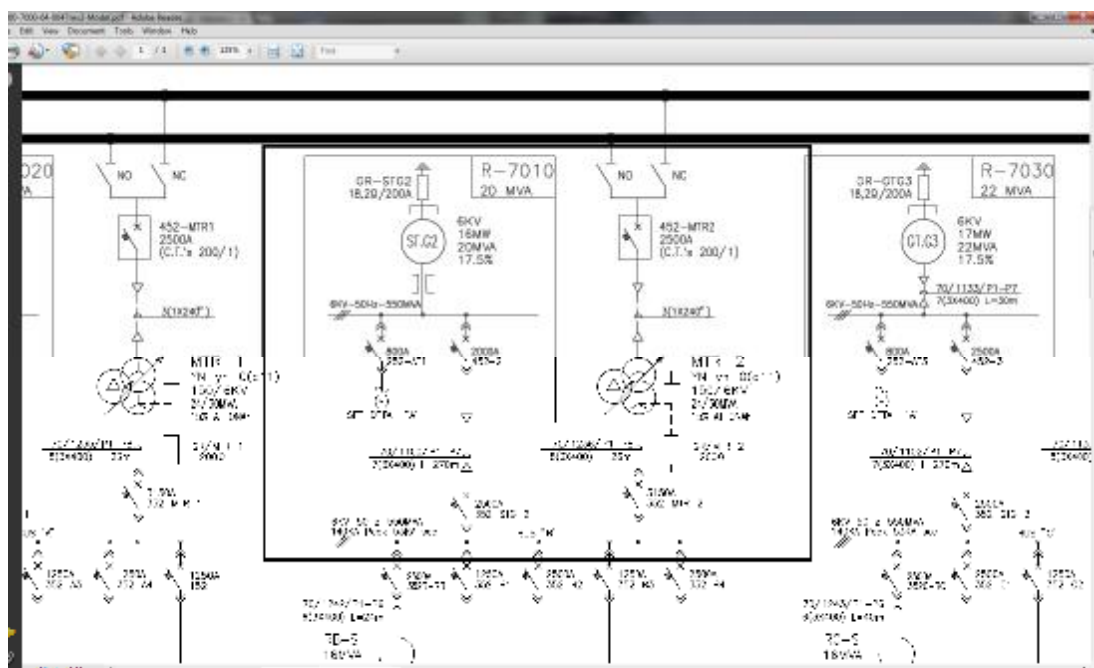
Στην εικόνα [Εικόνα 7.2.3](#) βλέπουμε τον πίνακα ελέγχου των γεννητριών G1-G3. Αριστερά βλέπουμε τα καταγραφικά όργανα, στο κέντρο, το κύκλωμα ελέγχου, του αερίου, κομπρεσέρ κτλ, για τις τουρμπίνες. Ενώ στα δεξιά βλέπουμε τα όργανα τις κάθε γεννήτριας (G1-G3). Βλέπουμε δηλαδή τις τιμές ρεύματος, τάσεως, ισχύος ενεργού και άεργου κτλ.

Επίσης βλέπουμε στο κέντρο δύο όργανα τα οποία δείχνουν την ενεργό και την άεργο ισχύ, το καθένα ταυτοχρόνως. Βλέπουμε δηλαδή, το όργανο της προηγούμενης γραφικής παράστασης.

Πρέπει να τονιστεί ότι η G2 έχει οριστεί στην κανονική λειτουργία να "χαλάει" το δικό της $\cos\phi$ (0.73-0.74) για να "φτιάχνει" το $\cos\phi$ του δικτύου, έτσι λοιπόν η προηγούμενη γραφική παράσταση είναι πιο έντονη στην G2.



Εικόνα 7.2.4 Η γεννήτρια G2 αποτελούμενη από τα 3 κύρια κομμάτια της στα δεξιά την κύρια γεννήτρια στην μέση τον μειωτήρα και αριστερά την κύρια μηχανή του ατμού



Εικόνα 7.2.5 Μονογραμμικό σχέδιο της γεννήτριας G2 όπου τροφοδοτεί τον ζυγό Β

8.ΣΥΣΤΗΜΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΕΚΤΑΚΤΟΥ ΑΝΑΓΚΗΣ (CHARGER)

Για την αδιάλειπτη λειτουργία των κυκλωμάτων ελέγχου – προστασίας (110 V DC για πίνακες υψηλής, μέσης και χαμηλής τάσης σε επίπεδο πινάκων PCC) υπάρχουν εγκατεστημένες συστοιχίες συσσωρευτών σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο του κάθε υποσταθμού (Battery Room: Χώρος Συσσωρευτών). Οι συσσωρευτές είναι συνήθως Ni-Cd οι οποίες έχουν αποδεδειγμένα μεγάλη διάρκεια ζωής (15-20 χρόνια λειτουργίας).



Εικόνα 8.1 Χώρος Συσσωρευτών Ni-Cd, Υποσταθμού (Battery Room)



Εικόνα 8.2 Ανορθωτικές διατάξεις φόρτισης συσσωρευτών με ταυτόχρονη τροφοδότηση κυκλωμάτων ελέγχου με 110 V DC (Battery Chargers).



Εικόνα 8.4 Μ/Σ 380/110volt



Εικόνα 8.5 Thyristors τα οποία ανορθώνουν την τάση για την παραγωγή συνεχούς ρεύματος των μπαταριών

9. ΟΜΑΔΕΣ ΦΟΡΤΙΩΝ PC-MCC

Στις παρακάτω σελίδες θα δούμε έναν πίνακα PC, στον Υποσταθμό 7300. Συγκεκριμένα τον PC2 που είναι η έξοδος των 2 Μ/Σ (3 και 4) ,τροφοδοτώντας τους δύο διακόπτες ξεχωριστά από τις 2 Bus A-B, και τον αυτόματο διακόπτη BUS TIE, βλέποντας ουσιαστικά την λειτουργία Transfer ,τροφοδοτώντας φορτία μέχρι 132KW (380 V) και τις παροχές MCC 5B έως MCC 8B.

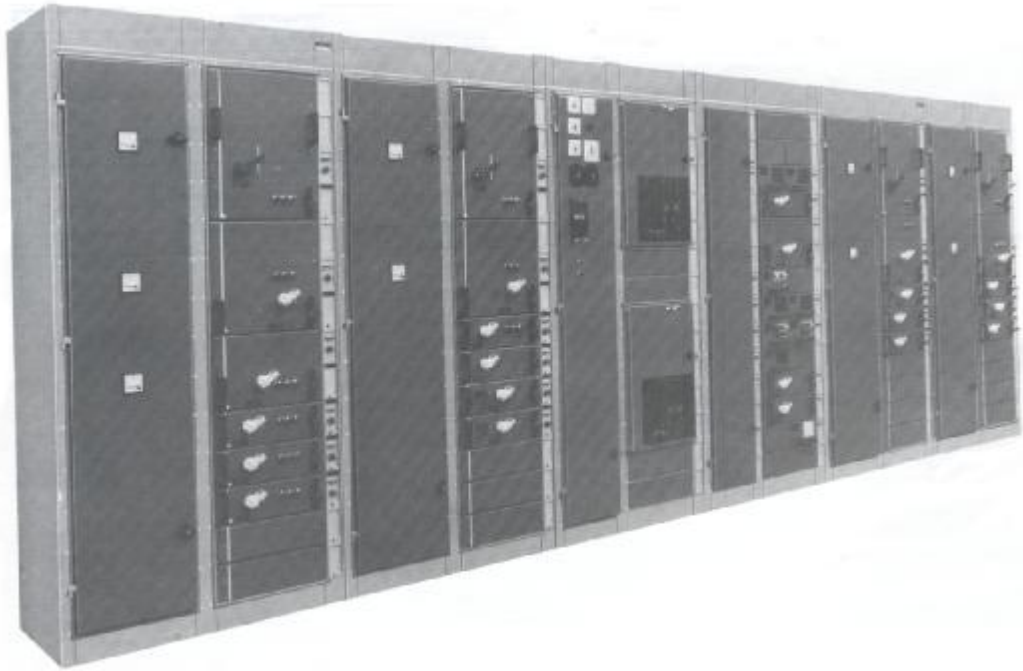
Πρέπει να πούμε ότι όλες οι μπάρες (bus-ζυγοί) τόσο στα Pc όσο και στα MCC είναι κατασκευασμένοι έτσι ώστε να αντέχουν το ρεύμα και την ηλεκτρική ισχύς ,η μία της άλλης (όλα τα φορτία και των δύο σε μία)

Εμείς θα δείξουμε παραδειγματικά ένα φορτίο του αυτού πίνακα .Το φορτίο αυτό είναι ο κινητήρας που κινεί μία αντλία και είναι ο **J-3109 ισχύος 75 KW (PC 4A)**. Και όπως έχουμε προαναφέρει επειδή **υπάρχουν φορτία κρίσιμα τα οποία έχουν και αυτά main-spare και χρειάζονται αδιάλειπτη τροφοδοσία από ρεύμα ,τότε στα αλλά τα μη κρίσιμα τους κόβουμε την τροφοδοσία ,“ανοίγοντας” σε κάποιο σημείο το βοηθητικό κύκλωμα contol και αποπλίζοντας έτσι το ρελέ Ισχύος** Το φορτίο αυτό που θα δείξουμε είναι ένας κινητήρας αντλίας ,ο κινητήρας J-3109 ,75 KW (PC 4A) αποτελεί για εμάς τον Main κινητήρα ,υπάρχει και ο κινητήρας Spare και είναι ο **J-3109 S ισχύος 75 KW (PC 4B)** .

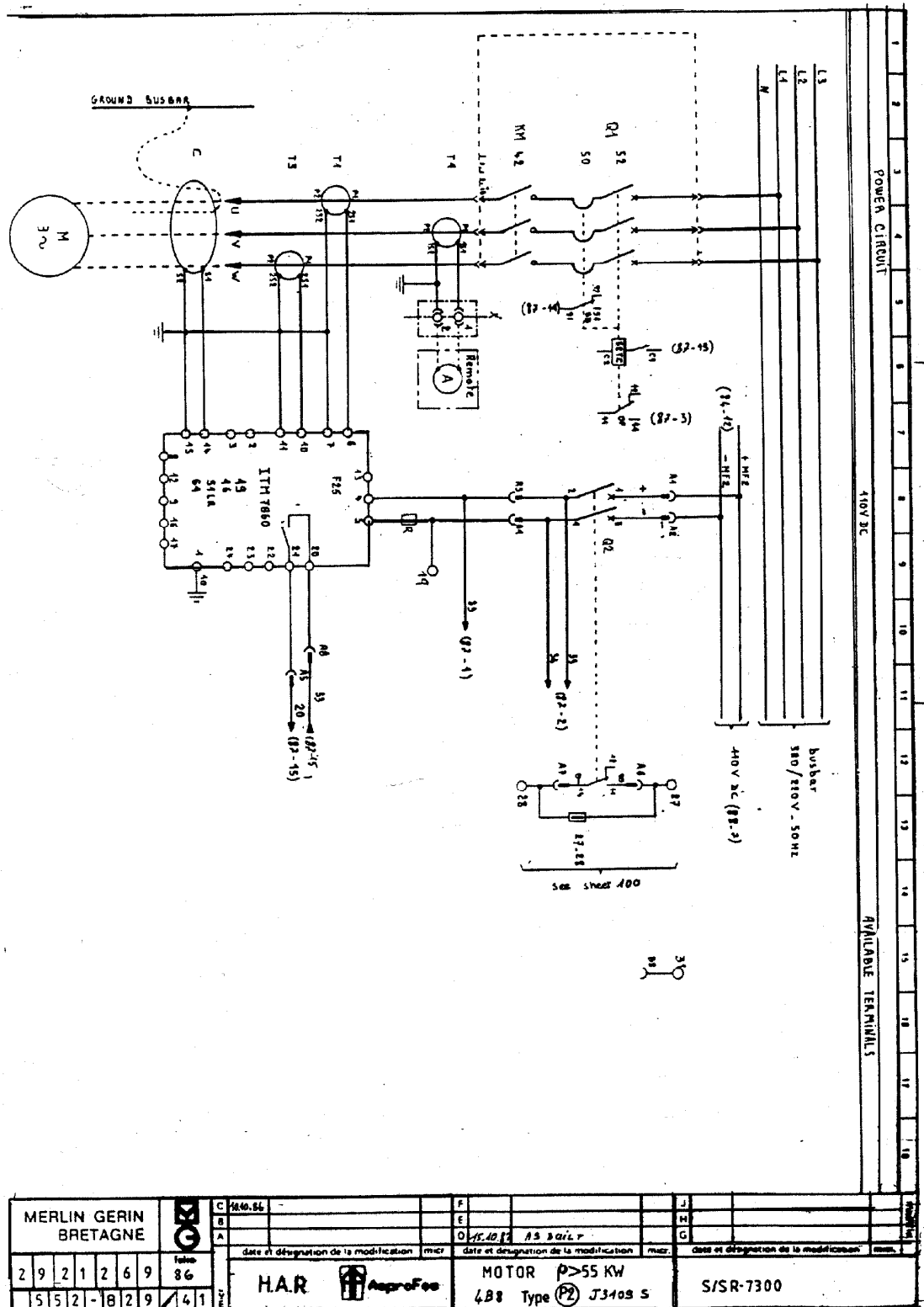
Επίσης στον παρακάτω πίνακα θα δούμε τις παροχές MCC, δείχνοντας για παράδειγμα την τροφοδοσία MCC 6A (κολόνα 2 A ,bus A) και MCC 6B (κολόνα 2 B ,bus B).Οι παροχές αυτές πάνε σε άλλους πίνακες μικρότερης ισχύος διαφορετικού για κάθε Bus ,τροφοδοτώντας επί το πλείστον κρίσιμα φορτία ,έχοντας από έναν κινητήρα από κάθε δευτερογενή πίνακα .Ο ένας δηλαδή θα αποτελεί τον Main και ο άλλος τον Spare.**(ΤΟΣΟ ΣΤΑ ΚΡΙΣΙΜΑ ΟΣΟ ΚΑΙ ΣΤΑ ΜΗ ΚΡΙΣΙΜΑ ΥΠΑΡΧΕΙ Η ΕΝΝΟΙΑ MAIN-SPARE,αλλά στα κρίσιμα πρέπει η τροφοδοσία να είναι αδιάλειπτη, συνεχής)**

Επίσης θα παρουσιάσουμε το κύκλωμα ισχύος και το βοηθητικό της **J-3109 S (spare)** ,**πρέπει να τονιστεί ότι ο κινητήρας J-3109 είναι ακριβώς ίδιος και ότι ισχύει για τον J-3109 S ,ισχύει και για τον J-3109 (ίδιος κινητήρας ίδιο κύκλωμα ισχύος και βοηθητικό ,ίδια μηχανική κατασκευή).**Και για αυτό δεν θα δείξουμε τα σχέδια και των 2 κινητήρων αλλά του ενός επιλεκτικά .

Ακόμα από τις παροχές MCC και στους πίνακες που αυτές καταλήγουν ,θα αναφερθούμε σε ένα κρίσιμο φορτίο την αντλία J -3106 .Πιο συγκεκριμένα θα αναφερθούμε στο κύκλωμα Ισχύος και το βοηθητικό του κύκλωμα .Είναι ένας κινητήρας 15KW. Ο κινητήρας main και ο κινητήρας spare. Και για αυτό θα δείξουμε τα σχέδια πάλι του ενός κινητήρα .



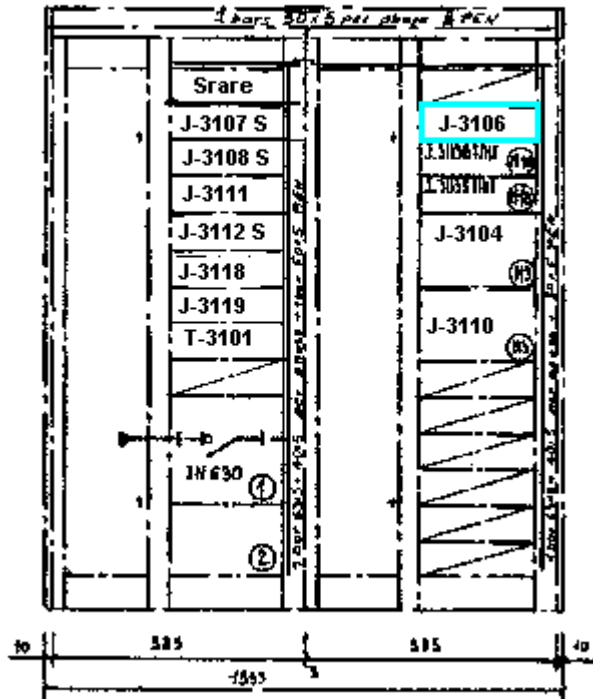
Εικόνα 9.2 Πίνακας πεδίου για την τροφοδότηση του PC2



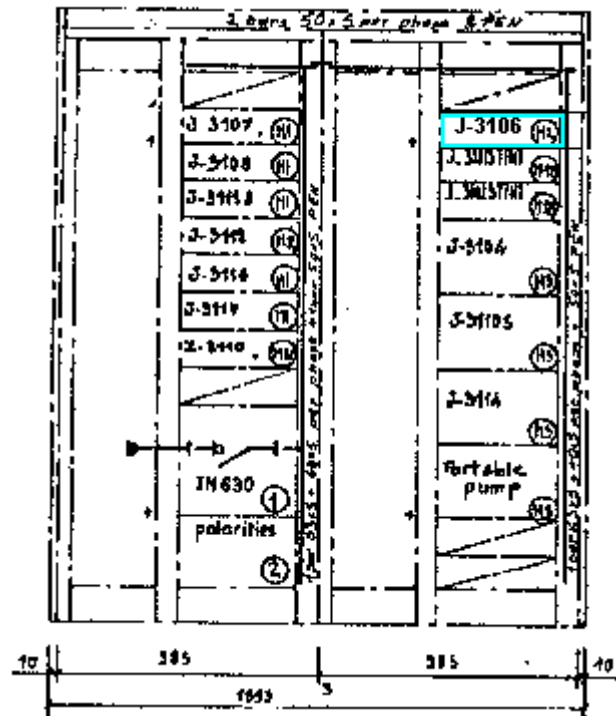
Εικόνα 9.3 Μονογραμμικό διάγραμμα τροφοδοσίας αντλίας

Στην Εικόνα 9.3 Κύκλωμα ισχύος της αντλίας J-3109 S (spare). Πίνακας αναχώρησης από το MCC 2 (4B Bus B). Εδώ κυρίως παρατηρούμαι, την μαγνητική προστασία (διακόπτης), και το όργανο από προστασίας από βύθιση τάσης, υπερφόρτωση, και την διαφορική προστασία του κινητήρα..

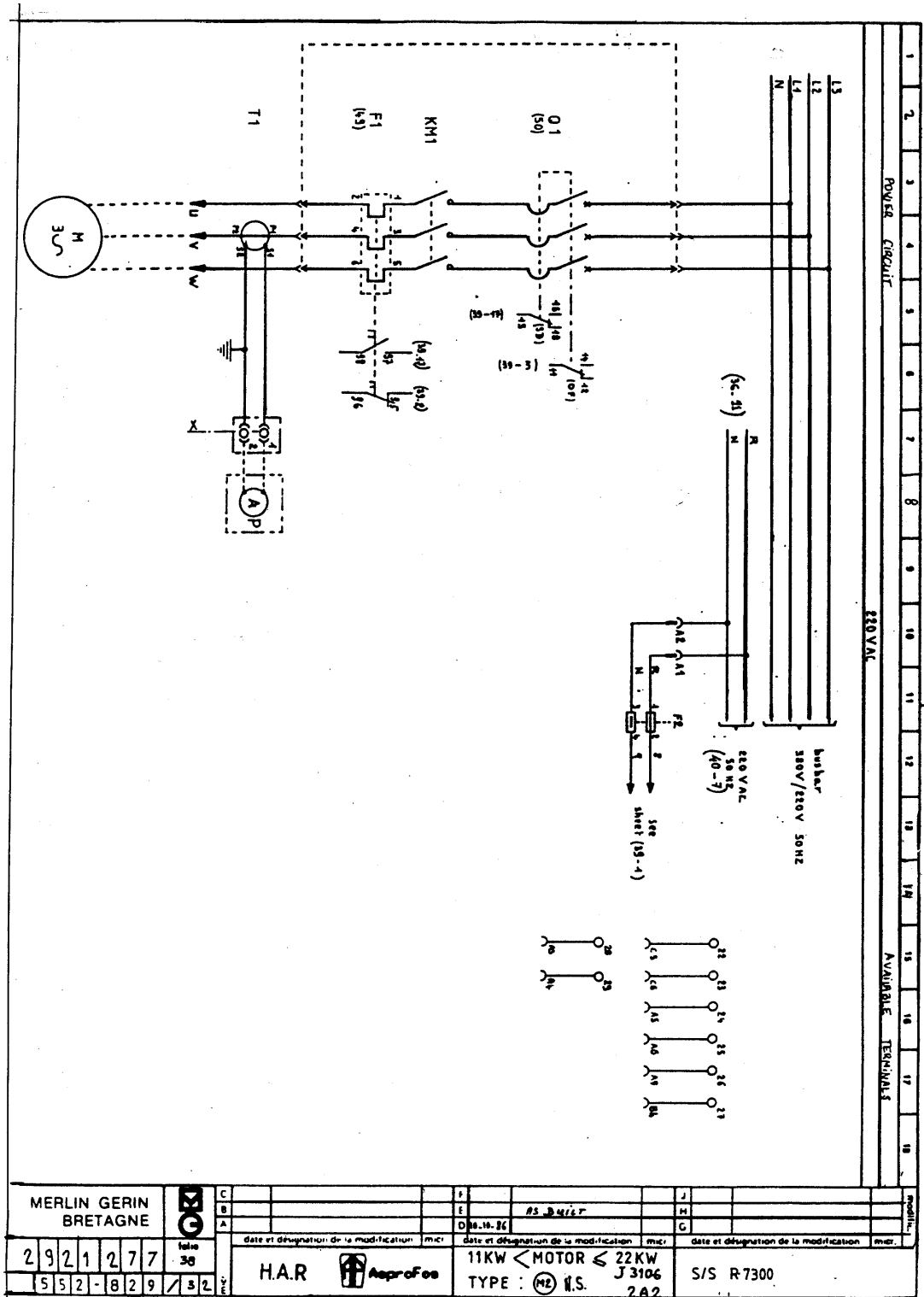
1B 1A 2B 2A



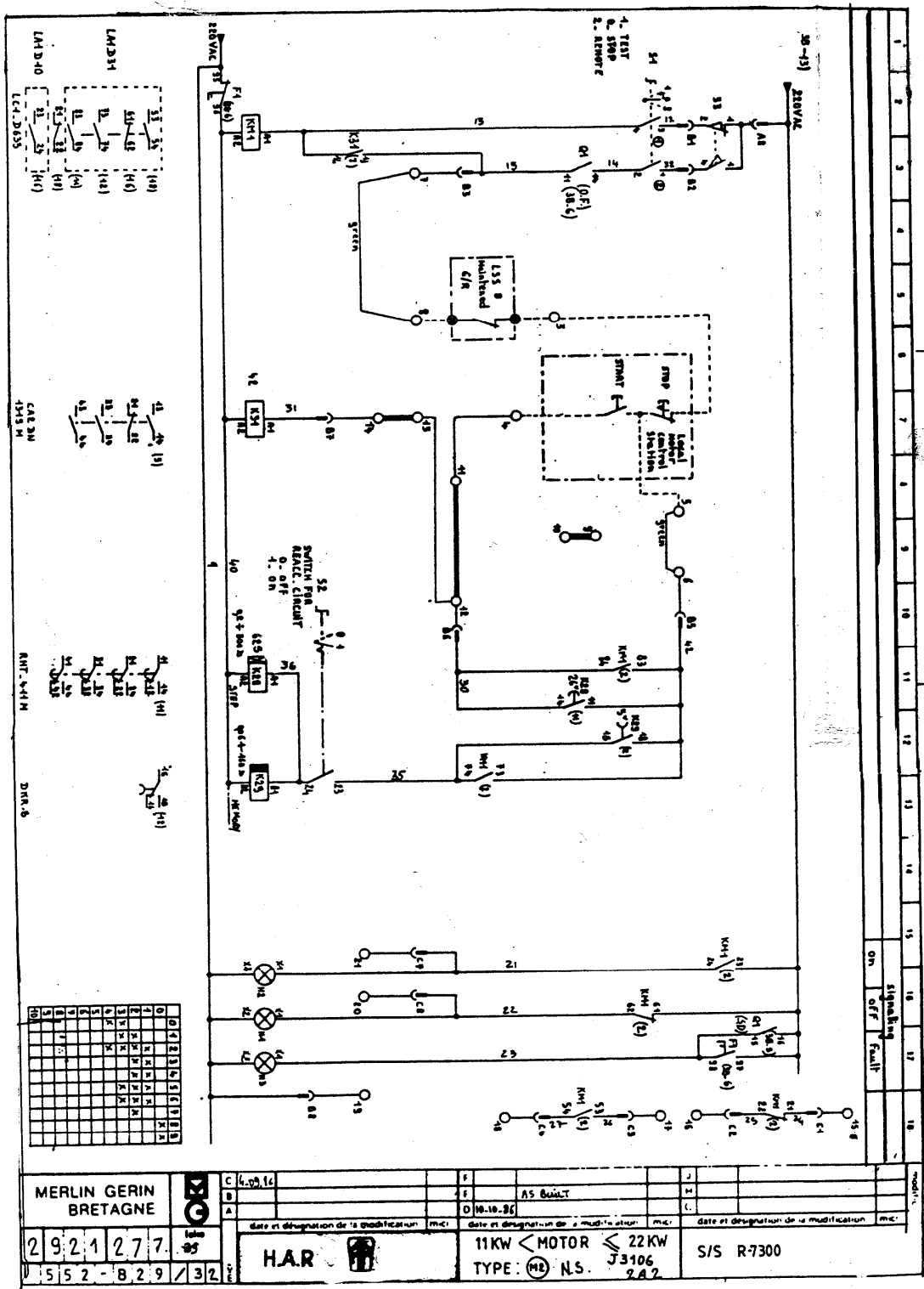
Εικόνα9.5 Πίνακας φορτίων MCC 6B. Είσοδος από PC2 και τροφοδοσία της αντλίας J-3106 από τον κύριο ζυγό (main)



Εικόνα 9.6 Πίνακας φορτίων MCC 6A. Είσοδος από PC2 και τροφοδοσία της αντλίας J-3106 από τον βοηθητικό ζυγό (spear)



Εικόνα 9.7 Κύκλωμα ισχύος της αντλίας J-3106 τροφοδοσία από βοηθητικό ζυγό (spear)



Εικόνα 9.8 Βοηθητικό κύκλωμα της J-3106 (το ίδιο είναι και της J-3106 S)

10. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ “ΣΥΡΤΑΡΙ” J-3106

Αναλύοντας το κύκλωμα ισχύος του πίνακα, “συρτάρι” της αντλίας J-3106 ,η οποία είναι 15 KW και είναι τροφοδοσία από τον πίνακα MCC 6A ,βλέπουμε ότι στο κύκλωμα ισχύος υπάρχει ένας διακόπτης Q1,μαγνητικός με της βοηθητικές επαφές του , ο οποίος κάνει Shut Down (SD) .Εν συνεχεία βλέπουμε το Ηλεκτρονόμο Ισχύος KM1 με το θερμικό τουF1 και τις βοηθητικές επαφές του .Μετά βλέπουμε τις κινητές επαφές του πίνακα, αφού πρόκειται για πίνακα κινητό συρτάρι μετά βλέπουμε έναν M/T έντασης πού -τροφοδοτεί ένα αμπερόμετρο , και στην συνέχεια βλέπουμε τον κινητήρα .Πρέπει να τονιστεί ότι στο διυλιστήριο δεν υπάρχει το βοηθητικό κύκλωμα Υ-Δ ,διότι το δίκτυο είναι ισχυρό ,έτσι το θερμικό είναι ρυθμισμένο στην 6 –πλάσια τιμή έντασης από την Ιον του κινητήρα ,και ο μαγνητικός διακόπτης στο 7-10 της Ιον, ανάλογα .

Βοηθητικό κύκλωμα: Για να τεθεί ο κινητήρας της αντλίας σε λειτουργία θα πρέπει να οπλίσει ο H/N KM1 . Η τάση του βοηθητικού ,Κυκλώματος είναι 220 volt AC . Το τοποθετώντας το συρτάρι στην κατάλληλη θέση του και πριν αυτό μπει στις ντούσες (κλεμοσειρες) ,υπάρχουν δύο μηχανικά ελάσματα (θέση 33:1-2,1-4) πιο κάτω υπάρχει ο επιλεκτικός διακόπτης S1.Όταν ο S1 είναι στη θέση 1 κάνουμε test (βλέπουμε εάν το συρτάρι λειτουργεί).Ενώ εάν έχουμε εισχωρήσει όλο το συρτάρι στην κανονική του θέση (εντός, 1-2 ανοικτή 1-4 κλειστή)στην θέση 0 του S1 κάνουμε stop .

Στην θέση 2 :Remote και με την 1-4 κλειστή (συρτάρι εντός)

,και με τον διακόπτη ισχύος Q1 κλειστό το ρεύμα θα βρει την επαφή του H/N K31 ανοιχτεί ,και έτσι θα περάσει μέσα από το ρελε H/N του πίνακα του PLC .Η επαφή του H/N (LSS Maintened) είναι σε κανονική λειτουργία ΚΛΕΙΣΤΗ (κλάδος 5).

Αυτό το ρελέ αποτελεί το τέλος της εντολής της ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ ΦΟΡΤΙΩΝ ,έτσι δηλαδή σταματάνε να λειτουργούν οι κινητήρες και κατά προέκτασή τα φορτία (την λειτουργία αυτή θα την αναλύσουμε πιο κάτω λεπτομερώς) .

Εν συνεχεία το ρεύμα του βοηθητικού κυκλώματος θα περάσει μέσα από το κουτί του διακόπτη Stop και του button Start που βρίσκεται δίπλα στον κινητήρα (κλάδος 6-7-8) . Το ρεύμα δεν θα περάσει από το από το κλάδο 11 διότι KM1 επαφή ανοιχτή .Εάν τώρα πατήσουμε το button Start τότε ο H/N K31 θα οπλίσει και θα κλειστή τη την επαφή K31 στον κλάδο 2 και ο H/N KM1 θα όπλιση θέτοντας των κινητήρα σε λειτουργία .Όμως τότε θα κλείσει η επαφή του KM1 στον κλάδο 11 τροφοδοτώντας συνεχώς τον K31,παράλληλα όμως κλείνει και η επαφή στον κλάδο 13 του KM1,που άμα ο διακόπτης S2 είναι κλειστός εκτελείται η λειτουργία Reacceleretion .Στους κλάδους 15-16-17 βλέπουμε τις ανάλογες καταστάσεις του συρταριού On –Off-Fault.

Η λειτουργία reacceleretion υπάρχει ,διότι και στην περίπτωση διακοπής του ρεύματος για κάποιο μικρό χρονικό διάστημα (ελάχιστα sec) και μετά ξανά επανέλθει η ισχύς του ρεύματος στην κανονική λειτουργία ,να θέσει όλη την σειρά των κινητήρων σε ιεραρχική ,χρονική λειτουργία ,έτσι ώστε να μην έχουμε βύθιση τάσης .

Στο σχέδιο το κύκλωμα αυτό αποτελείται από τα δύο χρονικά το K29 (memory) και το K28 (step).Το χρονικό K29 ενεργοποιείται όταν “κοπεί” το ρεύμα (κλείνει τις επαφές του, για αυτό λέγεται memory).Και τότε όταν κοπεί το ρεύμα ανοίγει ο K31,ανοίγοντας τον KM1=>(το σταμάτημα του κινητήρα), τότε η επαφή 73-74 του KM1 (κλάδος 13) κλείνει. Το χρονικό K29 είναι χρονικό καθυστέρησης απενεργοποίησης και το χρονικό K28 ,είναι χρονικό καθυστέρησης ενεργοποίησης.

Πρέπει να τονιστεί ότι στα κρίσιμα φορτία όσο αναφορά τα συρτάρια τους ,τους πίνακες τροφοδοσίες δηλαδή, είναι ακριβώς ίδια, με τα μη κρίσιμα λόγω τυποποίησης, και η μόνη διαφορά είναι η επαφή στο βοηθητικό κύκλωμα control που τα μη κρίσιμα περιέχουν μία επαφή LSS που ανοίγει μιας που είναι σε σειρά με τα μικρά ρελέ των PLC που όταν δοθεί η εντολή από τα PLC να ανοίξει η επαφή ,τότε το η επαφή ανοίγοντας διακόπτει την τροφοδοσία για την αυτοσυγκράτηση του ρελέ ισχύος και έτσι σταματά το φορτίο (το μη κρίσιμο).

Με άλλα λόγια δηλαδή τα κρίσιμα φορτία δεν έχουν την επαφή LSS,που οποιαδήποτε στιγμή με εντολή του PLC μπορεί να ανοίξει.

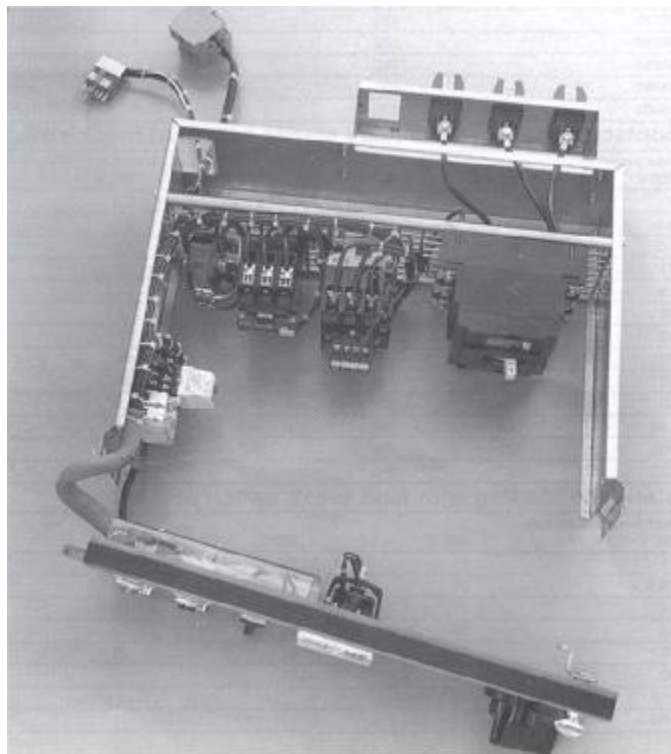
Σημείωση: τα κρίσιμα φορτία σίγουρα είναι φορτία μεγάλης ισχύος ,αλλά υπάρχουν και κρίσιμα φορτία μικρής ισχύος (π.χ 15 KW.Δεν μπορεί να λειτουργεί ένα κομπρεσέρ χωρίς την αντλία λαδιού του!.)



Εικόνα 10.1 Βοηθητικό κύκλωμα από συρτάρι τροφοδοσίας αντλίας



Εικόνα 10.2 Αντλία 380volt με controls στα αριστερά τα οποία ελέγχονται από τον υπεύθυνο χειριστή



Εικόνα 10.3 Συρτάρι αυτοματισμού



Εικόνα 10.4 Remote χειρισμού

Το remote χειρισμού [Εικόνα 10.4](#) έχει δύο καταστάσεις την auto την οποία δίνεις τον έλεγχο στο control room και την manual η οποία υπερτερεί όλων των προηγούμενων καταστάσεων για λόγους ασφαλείας. Το αμπερόμετρο μετρά το ρεύμα ανά φάση και το κουτί της κάτω πλευράς περιέχει την διακλάδωση του κυκλώματος ελέγχου καθώς και των οργάνων

11.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία αναλύθηκε η ηλεκτρολογική εγκατάσταση ενός εν λειτουργία διυλιστηρίου ονομαστικής εγκατεστημένης ισχύος 70MVA.

Η κύρια τροφοδοσία του διυλιστηρίου γίνεται μέσω του συστήματος μεταφοράς του Α.Δ.Μ.Η.Ε από 2 τριφασικά εναέρια κυκλώματα 150KV.

Για την αδιάλειπτη τροφοδοσία του διυλιστηρίου είναι εγκατεστημένες 3 γεννήτριες συνολικής εγκατεστημένης ισχύς 40 MVA όπου σε περίπτωση απώλειας ενέργειας από το σύστημα αναλαμβάνουν την τροφοδότηση του διυλιστηρίου.

Στον κεντρικό υποσταθμό του διυλιστηρίου υπάρχουν 3 μετασχηματιστές 150kV/6 kV όπου υποβιβάζουν την τάση στα 6kV για την τροφοδότηση των αντλιών και των υποσταθμών διανομής. Οι υποσταθμοί διανομής υποβιβάζουν την τάση στα 400volt για την τροφοδότηση κυκλωμάτων φωτισμού και ελέγχου.

Τα κρίσιμα φορτία όπως είναι τα βοηθητικά κυκλώματα, τα κυκλώματα φωτισμού και ελέγχου έχουν μια επιπλέον εφεδρεία μέσω των κυκλωμάτων ASB &ELP τα οποία τροφοδοτούνται επιπροσθέτως από ένα ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος.

Η ηλεκτρολογική εγκατάσταση ενός διυλιστηρίου είναι έτσι δομημένη ώστε να παρέχει όσον το δυνατόν αδιάλειπτη τροφοδοσία στις ευαίσθητες καταναλώσεις της.

12.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΩΝ ΜΕΣΗΣ ΚΑΙ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ, ΠΕΤΡΟΣ ΝΤΟΚΟΠΟΥΛΟΣ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΖΗΤΗ.
- [2] ΕΝΧΕΙΡΙΔΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΥΛΙΣΤΙΡΙΑΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ
- [3] ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΝΧΕΙΡΙΔΙΑ MERLIN ZERLIN SF6
- [4] ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΥΨΗΛΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΛΑΜΠΡΟΣ ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ, ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΦΩΤΗΣ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ
- [5] ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΒΟΥΡΝΑΣ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ