

Α.Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΣΦΑΛΙΣΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ
ΜΕΓΑΛΟΥ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ

Επιβλέπων Καθηγητής: Επίκ. καθηγητής Καμινάρης Σταύρος
Σπουδαστής: Παράσης Γεώργιος
ΑΜ: 28376

Αθήνα
Ιούνιος 2014

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1° Κεφάλαιο ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ

1.1 Εισαγωγή.....	5
1.2 Βασικές απαιτήσεις εφεδρικής ενεργειακής παροχής ΜΤ.....	10
1.3 Το γενικό μονογραμμικό διάγραμμα ΜΤ.....	15
1.4 Οι κυψέλες ΜΤ.....	19
1.5 Οι αυτόματοι διακόπτες ΜΤ.....	23
1.6 Οι μετασχηματιστές μέτρησης ρεύματος ΜΤ και οι προστασίες ΜΤ.....	31
1.7 Μετασχηματιστές μέτρησης τάσης ΜΤ.....	37
1.8 Βρόχος τροφοδοσίας ΜΤ.....	39
1.9 Καλώδια ΜΤ/ΧΤ.....	44
1.10 Αποφυγή άστοχης γείωσης ενεργού καλωδίου διασύνδεσης βρόχου.....	49
1.11 Διασφάλιση του «ανοιχτού βρόχου» ΜΤ.....	54
1.12 Γείωση των κυψελών των ΗΖ και της τομής ζυγών ΜΤ.....	56

2° Κεφάλαιο ΠΡΟΤΑΣΗ ΕΦΕΔΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ

2.1 Εισαγωγή.....	58
2.1.1 Οι αυτόματοι διακόπτες (ΧΤ) των γεννητριών.....	61
2.1.2 Μανδαλώσεις ασφαλείας των αυτόματων διακοπών του κύριου υποσταθμού.....	64
2.2 Τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη του Υ0.....	70
2.3 Η σύνδεση της συσκευής συγχρονισμού.....	78
2.4 Υπολογισμοί για τις ρυθμίσεις των προστασιών των γεννητριών.....	82
2.5 Απόρριψη φορτίων (Load Shading) – Αυτοματισμός.....	85
2.5.1 Ο προγραμματιζόμενος ελεγκτής (PLC).....	88
2.6 Το μιμικό διάγραμμα χειροκίνητων χειρισμών.....	98
2.7 Τηλεσημάνσεις GSM.....	102
2.8 Ασφαλής τάση τροφοδοσίας κεντρικού αυτοματισμού – χειρισμών.....	103
Ευχαριστίες.....	104
Βιβλιογραφία.....	105

Οι παρακάτω συντμήσεις όρων χρησιμοποιήθηκαν στο κείμενο της Εργασίας:

ΜΤ	Μέση Τάση 20kV 50Hz 3Φ
ΧΤ	Χαμηλή Τάση 400/230V 50Hz 3Φ
ΑΔ	Αυτόματος Διακόπτης (automatic circuit breaker)
ΥΣ	Υποσταθμός
ΗΖ	Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος - ηλεκτρογεννήτρια Χ.Τ. και νηξελομηχανή
ΓΜΗ	Γενικός Μελετητής Ηλεκτρολογικών. Ο συντονιστής όλων των ηλεκτρολογικών μελετών και εγκαταστάσεων του Έργου. (Με τον όρο «Έργο» εννοείται όλο το ξενοδοχειακό έργο, δομικά, ΗΜ, υδραυλικά, λιμενικά κλπ).
σχ...	Σχήμα, σχέδιο, διάγραμμα, σκαρίφημα με αριθμό...
παρα...	Παράγραφος με αριθμό...
PLC	Programmable Logic Controller. Λογικός Προγραμματιζόμενος Ελεγκτής
CT	Current Transformer: Μετασχηματιστής Μέτρησης Ρεύματος
VT	Voltage Transformer: Μετασχηματιστής Μέτρησης Τάσης
ΚΑ	Κεντρικός Αυτοματισμός του συστήματος των ΑΔ ΜΤ/ΧΤ και της εξωτερικής εντολοδότησης των ΗΖ
HMI	Human Machine Interface: Χειριστήρια, ενδεικτικά όργανα, οθόνες κλπ για την επικοινωνία των χρηστών με το ηλεκτρικό σύστημα
I/O	Input/Output : Είσοδοι/Εξοδοι PLC
Μ/Σ	Μετασχηματιστής

GSM	Global System for Mobile Communication – Σύστημα τηλεαναγγελιών προβλημάτων μέσω κινητών τηλεφώνων
SMS	Short Message Service

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία που εκπονήθηκε στο ΤΕΙ Πειραιά, στο Τμήμα Ηλεκτρολογίας έχει τίτλο «Μελέτη Συστήματος Διασφάλισης Ενεργειακής Παροχής Μεγάλου Ξενοδοχειακού Συγκροτήματος» και αποτελεί τη βάση του σημαντικότερου μέρους της συνολικής ηλεκτρολογικής μελέτης μιας μεγάλης ξενοδοχειακής μονάδας bungalows πολύ υψηλών απαιτήσεων ως προς την αξιοπιστία, τη διαθεσιμότητα και την ασφάλεια.

Η ίδια ή παρεμφερής μελέτη, λόγω των ειδικών απαιτήσεων της, θα μπορούσε να αφορά αεροδρόμιο, νοσοκομειακό συγκρότημα, στρατόπεδο κλπ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ -1-

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Έργο που αφορά η παρούσα Εργασία, αναφέρεται σε μια μεγάλης έκτασης ξενοδοχειακή μονάδα bungalows, σε τουριστικό νησί.

Στο Τοπογραφικό Σκαρίφημα του σχ.1 φαίνεται η διάταξη του στο χώρο. Σ' αυτό δεν δείχνονται οι δευτερεύοντες εσωτερικοί δρόμοι, οι οικίσκοι (bungalows) των πελατών, τα κτήρια και οι χώροι αναψυχής και υπηρεσίας. Στο σκαρίφημα φαίνονται η εναέρια γραμμή ΔΕΗ 20kV που τροφοδοτεί τη μονάδα και οι 4 υποσταθμοί Y0, Y1, Y2, Y3, τον σχεδιασμό των οποίων πραγματεύεται η παρούσα μελέτη ως προς το μέρος ΜΤ και την αυτοματοποίησή τους.

Ο Y0 είναι ο Κεντρικός Υποσταθμός, όπου γίνεται η άφιξη ενέργειας από τον ενεργειακό πάροχο, τη ΔΕΗ, μέσω του εναέριου δικτύου 20kV και μικρού υποσταθμού του σε κιόσκι επί του εδάφους.

Δίπλα στον Y0, σε επαφή με αυτόν, βρίσκονται τα containers των δύο ηλεκτροπαραγωγών ζευγών (HZ) εφεδρικής παροχής ενέργειας (υποκατάσταση της ΔΕΗ).

Οι περιοχές όπου βρίσκονται τα bungalows είναι γραμμοσκιασμένες στο τοπογραφικό σκαρίφημα.

Η τοπολογική διάταξη των υποσταθμών Y0, Y1, Y2, Y3 στις θέσεις που φαίνονται στο σχ.1 έγινε με τα εξής κριτήρια :

α). Τα ηλεκτρικά φορτία τους να είναι κατανεμημένα με τον βέλτιστο δυνατό τρόπο (ισοροπημένα) και κάθε ΥΣ να είναι κατά το δυνατό εγγύτερα στο κέντρο βάρους των τοπικών του φορτίων.

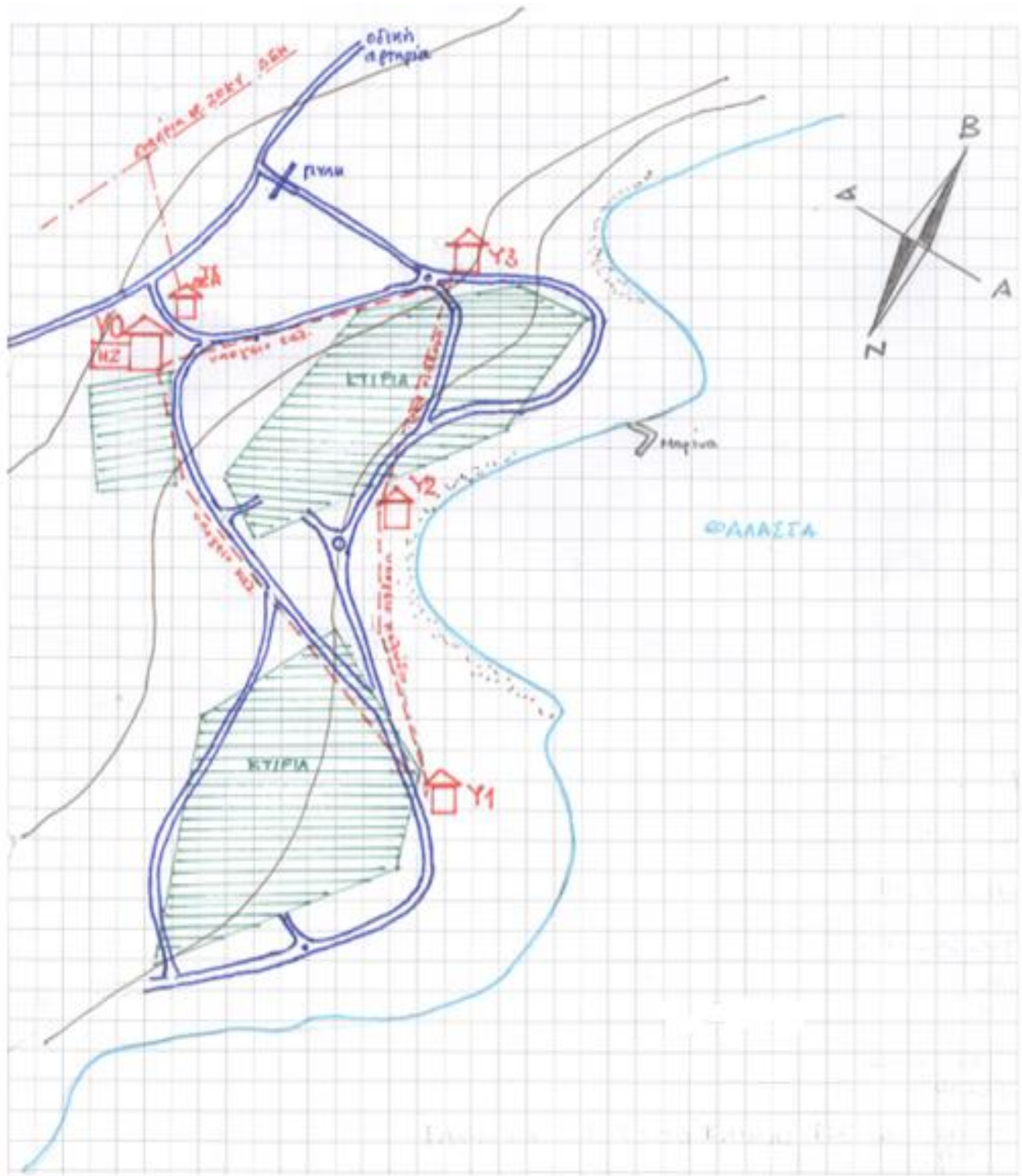
β). Τα καλώδια παροχής χαμηλής τάσης (XT), προς τους υποπίνακες XT, που κατά κανόνα άγουν υψηλά ρεύματα, να έχουν την ελάχιστη επιτρεπτή διατομή, ώστε να τροφοδοτούν με ασφάλεια τις καταναλώσεις, με πτώσεις τάσης μέχρι 1% (επιπλέον 1% είναι ανεκτό μέχρι τους τελικούς καταναλωτές και ακόμα <0.5% στο σύστημα της διανομής MT). Οι κύριοι υποπίνακες XT τροφοδοτούνται από τους κυρίους πίνακες XT που βρίσκονται στους υποσταθμούς Y0, Y1, Y2, Y3 και με την σειρά τους αυτοί τροφοδοτούν κάποιες καταναλώσεις, είτε απευθείας, είτε μέσω pillars (πχ φωτισμός δρόμων, γηπέδων, μαρίνας κλπ) είτε και μέσω υποπινάκων και μικρών τοπικών πινάκων 3ης ή 4ης ιεράρχησης, όπως πχ επίτοιχοι πίνακες συγκροτημάτων, χωνευτοί πίνακες - πίνακες μικροαυτομάτων μέσα στα bungalows κλπ. (σχ.2)

γ). Οι υποσταθμοί να μη γειτονεύουν άμεσα με οικήματα διαμονής ή ψυχαγωγίας πελατών, τόσο για την ασφάλεια, όσο και για την αποφυγή διατάραξης ησυχίας από πιθανό βόμβο μετ/των, θόρυβο HZ, καυσαέρια ή από πιθανές εργασίες συντήρησης.

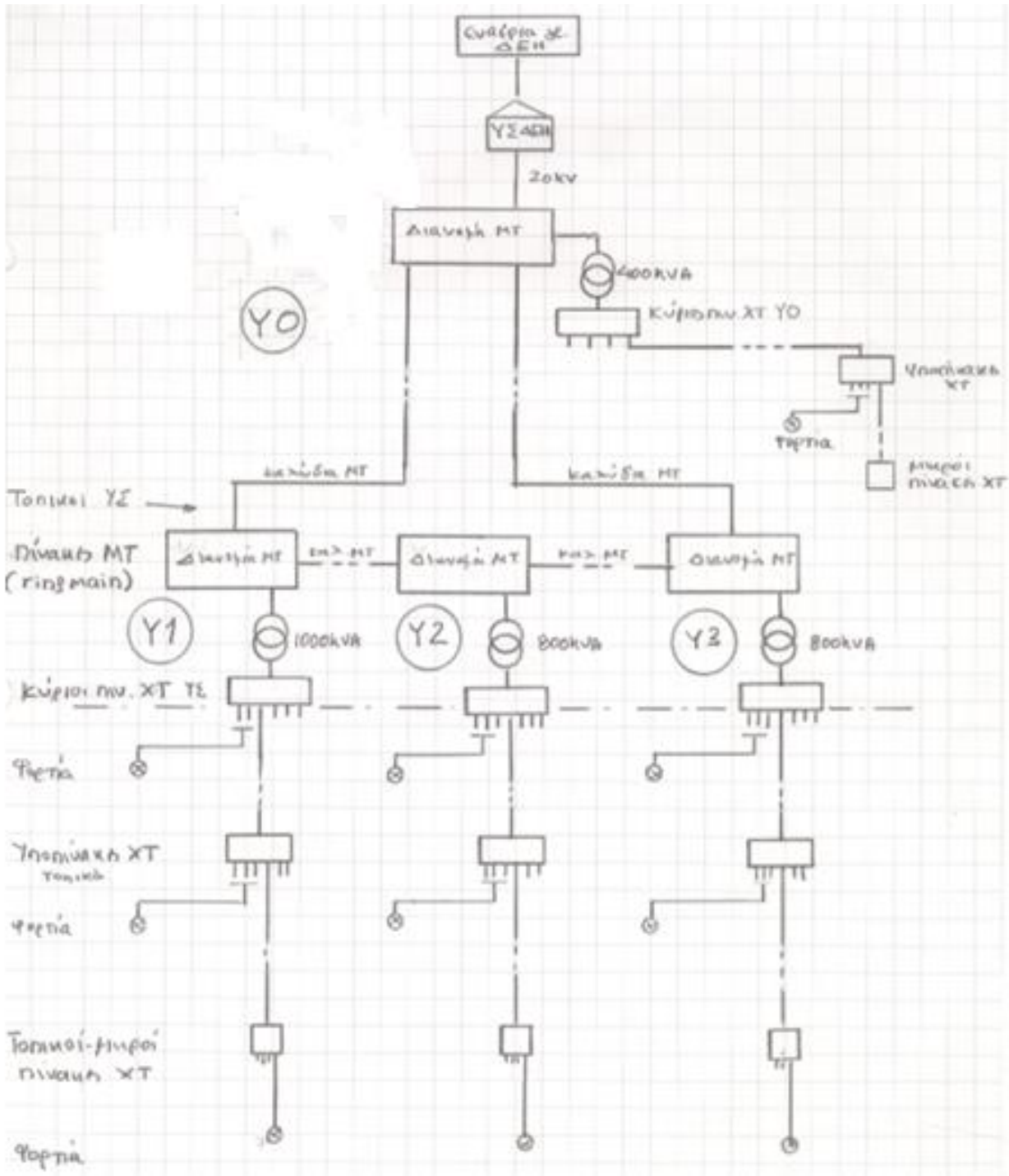
δ). Οι υποσταθμοί να είναι άμεσα προσπελάσιμοι μέσω κατάλληλων δρόμων για φορτηγά οχήματα, για την εύκολη μεταφορά ογκώδους εξοπλισμού αντικατάστασης, όποτε απαιτείται (πχ Μ/Σ, πίνακες MT κλπ).

ε). Ο Κεντρικός Υποσταθμός Y0 να βρίσκεται κοντά στα όρια του ξενοδοχειακού χώρου, κοντά στην απόληξη της εναέριας γραμμής 20kV της ΔΕΗ και σε τέτοια θέση, ώστε να μη προκαλείται παρενόχληση των πελατών από τον ήχο των HZ και από τα πιθανά καυσαέρια.

ζ). Οι υποσταθμοί MT/XT να μη θίγουν την αισθητική της ξενοδοχειακής μονάδας.



Σχ.1 – Τοπογραφικό σκαρίφημα



Σχ.2 – Γενική διάταξη διανομών ΧΤ/ΜΤ

Οι Τοπικοί Υποσταθμοί Y1, Y2, Y3, που έχουν κατανεμηθεί στον οικιστικό χώρο, τροφοδοτούνται από τον Κύριο (Κεντρικό) Υποσταθμό Y0 με καλώδια 20kV. Τα καλώδια αυτά βρίσκονται σε διάταξη “Ανοιχτού Βρόχου (ή Δακτυλίου), μέσα σε κανάλια, σε μικρό βάθος, υπό το έδαφος, για εύκολη πρόσβαση, σκεπασμένα με άμμο και τσιμεντόπλακες. Στα σημεία όπου είναι πιθανή η διέλευση οχημάτων, η κάλυψη των καναλιών είναι ειδικά ενισχυμένη και σημασμένη.

Στο Τοπογραφικό Σκαρίφημα του σχ.1 τα κανάλια καλωδίων των κύριων διασυνδέσεων ΜΤ μεταξύ των υποσταθμών Y0 - Y1 - Y2 - Y3 - Y0 δείχνονται με διακεκομμένη γραμμή. Το μήκος αυτών των καλωδιακών διασυνδέσεων είναι αντιστοίχα 900m - 750m - 400m και 570m.

Οι υποσταθμοί Y1, Y2, Y3 έχουν για τα φορτία της περιοχής τους Μ/Σ διανομής 20kV προς 400/230V, ισχύος, αντίστοιχα: 1000kVA, 800kVA και 800kVA. Οι αντίστοιχοι κύριοι πίνακες XT έχουν ΑΔ εισόδου και ζυγούς κατάλληλους για 1600A, 1250A και 1250A αντίστοιχα και με θερμική/δυναμική αντοχή όλοι 40kA (1s)/100kA (dyn).

Ο Κεντρικός Υποσταθμός Y0 διαθέτει επίσης έναν Μ/Σ διανομής 20kV προς 400/230V, 400kVA για τα διάφορα φορτία που βρίσκονται στο περιβάλλον του, όπως φωτισμός δρόμων και οικημάτων. Ο σχετιζόμενος πίνακας XT του Y0 έχει ονομαστική ένταση ζυγών και ΑΔ εισόδου 630A.

1.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΕΦΕΔΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΜΤ

Τα κυρίαρχα ζητούμενα χαρακτηριστικά από μια ηλεκτρική εγκατάσταση σύγχρονου μεγάλου και πολυτελούς ξενοδοχείου είναι τα εξής:

- α). Η υψηλή αξιοπιστία (reliability), δηλαδή η ελαχιστοποίηση της πιθανότητας αστοχίας της καλής λειτουργίας ή της εμφάνισης βλάβης, που θα είχε αποτέλεσμα την ολική ή μερική διακοπή της ενεργειακής τροφοδοσίας.
- β). Η υψηλή διαθεσιμότητα (availability), δηλαδή η μεγιστοποίηση της σχέσης: “χρόνος ηλεκτροδότησης/χρόνος διακοπής ηλεκτροδότησης” (σχετίζεται με την αξιοπιστία).
- γ). Η υψηλή ασφάλεια προσωπικού και εξοπλισμού έναντι οποιασδήποτε ηλεκτρικής ανωμαλίας που μπορεί να προκαλέσει πυρκαγιά ή έκρηξη (πχ βραχυκύκλωμα, ανοιχτό τόξο, ατμοσφαιρική ή διακοπτική υπέρταση).
- δ). Η φιλικότητα στη συντήρηση, στους ελέγχους και στην αποκατάσταση βλαβών (serviceability).
- ε). Η εργονομία, δηλαδή η ευκολία και άνεση στο χειρισμό και η ασφάλεια έναντι εσφαλμένων χειρισμών (ergonomy – “idiotsafe”).
- ζ). Η αισθητική εμφάνιση
- θ). Η ελαχιστοποίηση της περιβαλλοντικής όχλησης (πχ θόρυβος, καυσαέρια, ακτινοβολία).

Η εν λόγω ξενοδοχειακή μονάδα βρίσκεται σε ελληνικό νησί που έχει τοπική ηλεκτροπαραγωγή από νηξελοκίνητο σταθμό ΔΕΗ, λίγες ανεμογεννήτριες και φωτοβολταϊκό πάρκο. Δεν υπάρχει υποβρύχια διασύνδεση με το "Εθνικό Δίκτυο" και οι ενεργειακές εφεδρείες είναι περιορισμένες. Κατά συνέπεια, μερικές ή ολικές διακοπές ηλεκτροδότησης λόγω προβλημάτων στην παραγωγή είναι αναμενόμενο να συμβαίνουν σχετικά συχνά. Εξ άλλου το δίκτυο εναέριας γραμμής 20kV του νησιού που τροφοδοτεί την ξενοδοχειακή μονάδα γίνεται αιτία συχνών τοπικών διακοπών ηλεκτροδότησης, οι οποίες διαρκούν από λίγα δευτερόλεπτα μέχρι και πολλές ώρες.

Οι ισχυροί άνεμοι, τα κλαδιά, τα πτηνά, οι ρύποι, το αλάτι της θάλασσας και η υγρασία πάνω στους μονωτήρες 20kV προκαλούν βραχυκυκλώματα και διαπηδήσεις προς γη ή μεταξύ φάσεων. Αποτέλεσμα αυτών, άλλες φορές είναι η διακοπή ηλεκτροδότησης. Οι διακοπές αυτές διαρκούν είτε λίγα δευτερόλεπτα, όταν τίθενται σε λειτουργία οι διαδικασίες επανοπλισμού (autoreclosing) της ΔΕΗ, είτε και πολλές ώρες, όταν απαιτείται παρέμβαση συνεργείων για την αποκατάσταση της βλάβης.

Βασικός κανόνας για τη μελέτη του συστήματος ΜΤ που αφορά την παρούσα Εργασία είναι "Οι διακοπές ηλεκτροδότησης 20kV από τον πάροχο να προκαλούν την ελάχιστη δυνατή διαταραχή και να αποκαθίστανται αυτόματα στον ελάχιστο χρόνο από ένα αξιόπιστο σύστημα εφεδρικής παροχής ενέργειας με ελαχιστοποίηση πιθανότητας αστοχίας και στον ελάχιστο χρόνο.

Το σύστημα αυτό της εφεδρικής ενεργειακής παροχής θα καλύπτει την πλειονότητα των ηλεκτρικών φορτίων της μονάδας, πλην λίγων μη σημαντικών που δεν αφορούν άμεσα την άνεση των πελατών και την ασφάλεια λειτουργίας της μονάδας.

Οι παρακάτω επιλογές που θα ληφθούν υπόψη στην παρούσα Εργασία αναμένεται να διασφαλίσουν τα αναφερθέντα ζητούμενα:

- α). Ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός θα είναι σύγχρονος και ποιοτικός, επώνυμων κατασκευαστικών οίκων. Τα συστατικά στοιχεία του ηλεκτρικού εξοπλισμού (components) και τα συστήματα (systems), δηλαδή οι συνδυασμοί στοιχείων, (πχ πίνακας, αποτελούμενος από “στοιχεία” όπως αυτ. διακόπτες, μετ/τες μέτρησης, ηλεκτρονόμοι προστασίας, απαγωγείς υπερτάσεων κλπ) θα είναι δοκιμασμένα "κατά τύπο και σειρά" (type and series tested), σύμφωνα με τους ισχύοντες Ευρωπαϊκούς και Διεθνείς κανονισμούς EN/IEC.
- β). Τα συνδυαζόμενα σε σύστημα ηλ. στοιχεία (components) θα είναι συμβατά μεταξύ τους με τη σχετική πρόβλεψη από τους αρχικούς σχεδιαστές- κατασκευαστές τους, χωρίς ανάγκη μετατροπών.
- γ). Οι επιλογές και η διαστασιολόγηση όλων των στοιχείων (selection and sizing) θα πραγματοποιηθούν βάσει μελέτης (και όχι εμπειρικά). Θα δίνεται ικανή εφεδρεία (ανοχή) στις ηλ. παραμέτρους, τόσο για ασφάλεια όσο και για πιθανές μικρές μελλοντικές επεκτάσεις (συντηρητική υπερδιαστασιολόγηση).
- δ). Ο σχεδιασμός θα ακολουθεί επιτυχείς δοκιμασμένες (referenced) πρακτικές και όχι πρωτότυπες.
- ε). Τα στοιχεία του έργου θα είναι τυποποιημένα (standard) και όχι ειδικών παραγγελιών (taylor made), ώστε να μπορούν να βρεθούν άμεσα, με ευκολία και οικονομικά, αν προκύψει ανάγκη αντικατάστασης.
- ζ). Η βλάβη ενός κυρίου ή βοηθητικού στοιχείου της εγκατάστασης (πχ Μ/Σ, καλωδιακές διασυνδέσεις μεταξύ υποσταθμών, ΑΔ κλπ) θα μπορεί να αντιμετωπίζεται ταχύτατα με προκαθορισμένα σενάρια λειτουργίας ανάγκης που ελαχιστοποιούν τις επιπτώσεις της βλάβης.
- η). Οι ρυθμίσεις των ρυθμιζόμενων στοιχείων (πχ παραμετροποίηση ρευμάτων, τάσεων, ισχύων, χρόνων, συχνότητας κλπ) θα πραγματοποιούνται βάσει επιστημονικών κριτηρίων.

- θ). Οι παραπάνω ρυθμίσεις θα ελέγχονται στη φάση κατασκευής (FAT= Factory Acceptance Test), κατά την εγκατάσταση (SAT= Site Acceptance Test) και την θέση σε λειτουργία (Commissioning). Οι έλεγχοι θα γίνονται με διακριβωμένες συσκευές.
- ι). Θα πραγματοποιηθεί ένας Κεντρικός Αυτοματισμός (ΚΑ) που θα καλύπτει πλήρως όλες τις πιθανές καταστάσεις λειτουργίας (σενάρια) και τις αναμενόμενες ανωμαλίες.
- κ). Ο ΚΑ θα περιγράφεται με τα διεθνώς εφαρμοσμένα λογικά διαγράμματα (κατά IEC 61131-3/ IEC 617) ώστε να προγραμματίζεται άμεσα βάσει αυτών ένας τυποποιημένος λογικός ελεγκτής (PLC) και ανά πάσα στιγμή να είναι ελέγξιμη όλη η πλοκή του αυτοματισμού και ιχνηλάσιμη η λειτουργία του (traceability).
- λ). Η αυτοματοποίηση θα γίνεται μέσω υψηλής ποιότητας PLC. Θα υπάρχει και δυνατότητα πλήρους χειροκίνητου χειρισμού, χωρίς την παρέμβαση του PLC (δηλαδή με το PLC εκτός λειτουργίας). Κατά το χειροκίνητο χειρισμό ασφαλείς καλωδιωμένες μανδαλώσεις αρνητικής και συμπληρωματικής (negative – complementary logic) λογικής (failsafe) θα αποκλείουν την εκτέλεση λανθασμένης λειτουργίας ή εντολής από το χρήστη.
- μ). Η ηλεκτρικές προστασίες θα έχουν υπερκάλυψη (εφεδρεία, backed up) και θα προβλέπουν όλες τις πιθανές ηλεκτρικές ανωμαλίες.
- ν). Στο χειροκίνητο χειρισμό θα λαμβάνεται σημαντική μέριμνα για την εργονομία ώστε με απλότητα και χωρίς μετακινήσεις, από μία μόνο θέση να γίνονται όλοι οι βασικοί χειρισμοί (μιμικός πίνακας) και να ελαχιστοποιείται η πιθανότητα σύγχυσης του χειριστή.
- ξ). Τα στοιχεία επικοινωνίας HMI (Human Machine Interfaces) όπως ενδεικτικά, όργανα, μπουτόν, επιλογικοί διακόπτες, θα είναι επιλεγμένα ποιοτικά και ποσοτικά με βάση τη διεθνή τυποποίηση και πρακτική χρωματισμών, εικονικών συμβολισμών, μεγέθους, ισχύος κλπ.
- ο). Ο τρόπος χειρισμού θα είναι απλός, θα περιγράφεται επί των θέσεων χειρισμού (πχ επί του μιμικού διαγράμματος) με μονοσήμαντο τρόπο. Η εκμάθησή του δεν θα απαιτεί εκπαίδευση πέραν μιας στοιχειώδους ενημέρωσης για έναν απλό ηλεκτρολόγο μέσης σχολής.
- π). Οι τακτικές συντηρήσεις θα διευκολύνονται από το σχεδιασμό να γίνονται ταχύτατα και με ασφάλεια, με την ελάχιστη διαταραχή στην ηλεκτροδότηση.

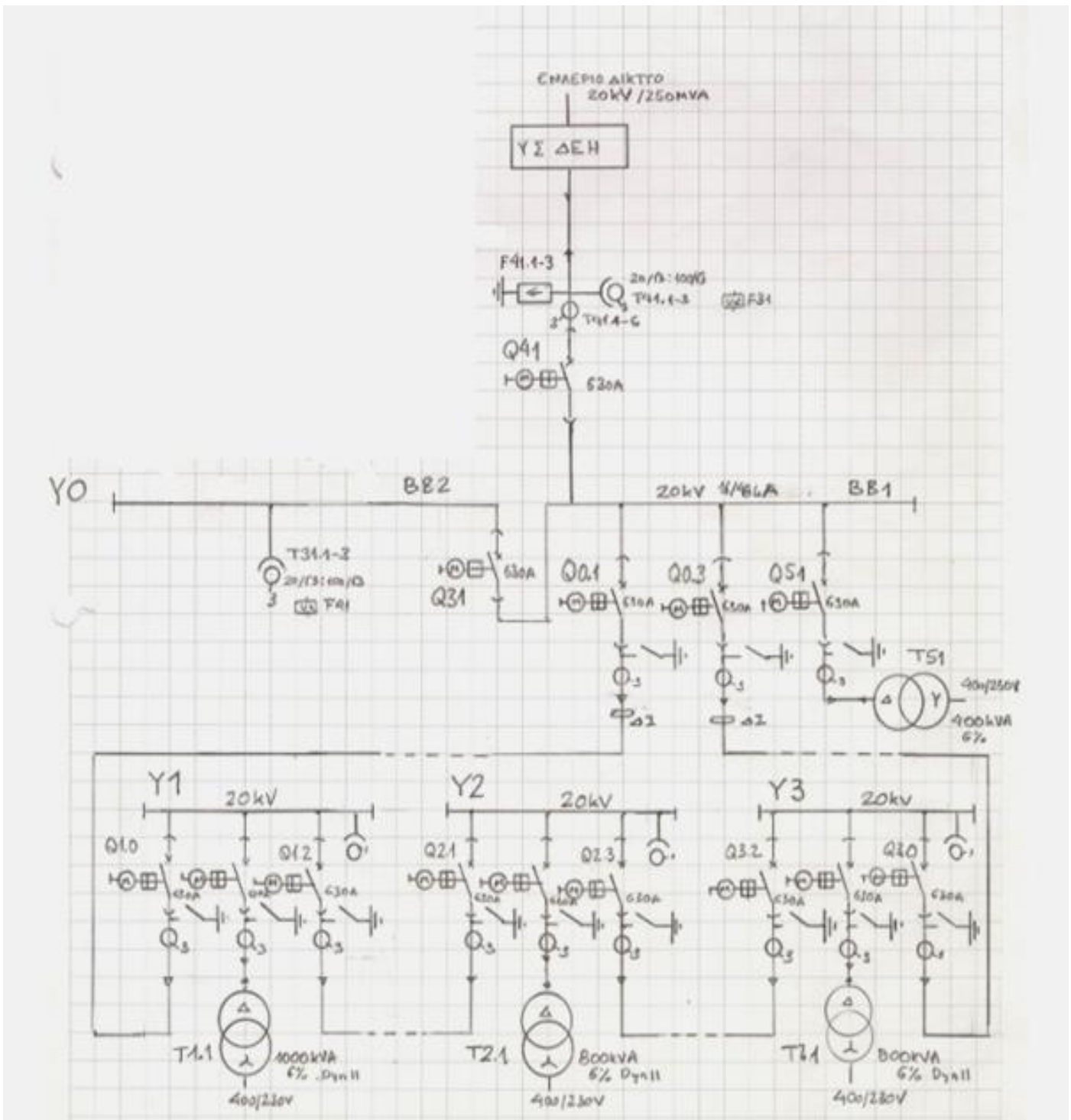
ρ). Όλα τα στοιχεία της ηλεκτρικής εγκατάστασης θα είναι εύκολα αφαιρετά (πχ αυτόματοι διακόπτες συρόμενοι, βυσματικοί ηλεκτρονόμοι και βοηθητικά ρελέ, και κουμπωτές κάρτες PLC)

σ). Η παροχή βοηθητικής τάσης για τους αυτοματισμούς, τους χειρισμούς, τις σημάνσεις και τις μανδαλώσεις θα είναι διπλή, με 100% εφεδρεία, μέσω διπλών UPS. (full redundancy).

1.3 ΤΟ ΓΕΝΙΚΟ ΜΟΝΟΓΡΑΜΜΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΤ

Το γενικό μονογραμμικό διάγραμμα ΜΤ φαίνεται στο σχ.4. Ο Κεντρικός Υποσταθμός Υ0 συνδέεται στο εναέριο δίκτυο 20kV του παρόχου (ΔΕΗ) μέσω μικρού επίγειου υποσταθμού σε κιόσκι και για τη μέτρηση τελοχρέωσης και τη βασική προστασία.

Οι κύριοι ζυγοί ΒΒ1 20kV του Υ0 που τροφοδοτούν τα φορτία, δηλαδή οι ζυγοί των αυτομάτων διακοπών προς τους καταναλωτές (Μ/Σ διανομής ΜΤ/ΧΤ), τροφοδοτούνται εναλλακτικά είτε από τη ΔΕΗ, μέσω του ΑΔ Q41 είτε από τους ζυγούς εφεδρικής παροχής ΒΒ2, μέσω του ΑΔ τομής ζυγών Q31 που διασυνδέει τους ζυγούς ΒΒ1-ΒΒ2 διαζευκτικά προς τον ΑΔ εισόδου ΔΕΗ Q41.



Σχ. 4 – Γενικό μονογραμμικό διάγραμμα ΜΤ

Στην είσοδο ΔΕΗ (σχ.4) της διανομής ΜΤ του Υ0 προβλέπεται σειτ τριών απαγωγέων υπέρτασης (F41. 1-3). Οι "βαλβίδες" αυτές που παροχετεύουν προς τη γη τις υπερτάσεις, είναι πολύ σημαντικές σε περιπτώσεις τροφοδοσίας από εναέρια δίκτυα, διότι σ' αυτά επάγονται συχνά κυρίως ατμοσφαιρικές υπερτάσεις. Αυτές, εκτός των ζημιών που προκαλούν στον εξοπλισμό ΜΤ (καλώδια, μούφες, ακροκιβώτια, Μ/Σ παροχής ή μέτρησης, πίνακες, διακοπτικά στοιχεία) και τις ακολουθιακές ζημιές (τόξα – εκρήξεις – φωτιές) μπορούν να περάσουν από τους Μ/Σ παροχής και προς το επίπεδο της ΧΤ και να βλάψουν σε μεγάλη έκταση ηλεκτρικό και κυρίως ευαίσθητο ηλεκτρονικό εξοπλισμό ΧΤ.

Η ΔΕΗ εγκαθιστά συνήθως απαγωγείς υπερτάσεων στις απολήξεις των εναερίων γραμμών της. Ωστόσο η εγκατάσταση των επιπλέον απαγωγέων υπέρτασης F41.1-3 στον Υ0 , που επιλέγονται να έχουν, για ιεράρχηση της προστασίας (selectivity), ελαφρώς μεγαλύτερη τιμή τάσης απαγωγής (έναυσης) από εκείνους της ΔΕΗ, κρίνεται ως μια αναγκαία εφεδρία, ιδίως, αν η είσοδος της ενέργειας από την εναέρια γραμμή βρίσκεται σε απόσταση μεγαλύτερη από μερικές δεκάδες μέτρα από την κυψέλη εισόδου 20kV του κυρίου πίνακα.

Οι τοπικοί ΥΣ Υ1, Υ2, Υ3 που βρίσκονται στον οικιστικό χώρο της ξενοδοχειακής μονάδας τροφοδοτούνται από τις κυψέλες των ΑΔ Q0.1 και Q0.3 του κύριου ΥΣ Υ0 (σχ.4) . Οι τοπικοί ΥΣ βρίσκονται σε διασύνδεση Ανοιχτού Βρόχου.

Σε αντίθεση με τις άλλες κυψέλες ΜΤ του Υ0 οι κυψέλες αυτές των ΑΔ Q0.1/Q0.3 διαθέτουν και διακόπτες γείωσης (γειωτής), μανδαλωμένους με τους ΑΔ τους της κάθε κυψέλης.

Επίσης, δεδομένου ότι οι ΑΔ Q0.1 και Q0.3 τροφοδοτούν μεγάλου μήκους καλώδια, εκτός του σειτ των τριών Μ/Σ μέτρησης CTs (παρα.1.6), για προστασία υπερέντασης και βραχυκυκλώματος (την οποία διαθέτουν όλοι οι ΑΔ ΜΤ με εξέρεση εκείνων της τομής ζυγών Q31), έχουν και από έναν τοροειδή (διαφορικό) Μ/Σ για την αναγνώριση των ρευμάτων διαρροών προς τη γη (παρα.1.6).

Στον Υ0, στους ζυγούς ΒΒ1 συνδέεται και η κυψέλη παροχής ενός τοπικού Μ/Σ διανομής του Υ0 20/0.4kV 400kVA.

Ο Μ/Σ αυτός είναι εγκαταστημένος σε ειδικό χώρο του Υ0 και μέσω της κύριας διανομής ΧΤ που συνδέεται στο δευτερεύον του, παρέχει ενέργεια σε καταναλωτές στο εγγύς περιβάλλον του Υ0, όπως φωτισμός δρόμων, οικημάτων κλπ.

Η κυψέλη ΜΤ που τροφοδοτεί τον παραπάνω Μ/Σ με τον ΑΔ Q51 διαφέρει από τις κυψέλες των Q0.1 και Q0.3 μόνο ως προς τις μανδαλώσεις του διακόπτη γείωσης. Επίσης διαφέρει και στο ότι δεν διαθέτει Μ/Σ διαρροής (θα εξηγηθεί παρακάτω). Ο διακόπτης γείωσης του Q51 μανδαλώνεται μηχανικά μόνο με τον ΑΔ Q51, ενώ, όπως θα αναλυθεί στη συνέχεια, η μανδάλωση των γειωτών των Q0.1 και Q0.3 είναι πιο πολύπλοκη.

Εξ αιτίας του βρόχου ΜΤ των Τοπικών ΥΣ προβλέπονται ειδικές μανδαλώσεις σ' όλους τους διακόπτες γείωσης των Υ0, Υ1, Υ2, Υ3 (παρα.1.10). Οι κυψέλες ΜΤ των ΑΔ Q11, Q21, Q31 και Q41 στους Τοπικούς ΥΣ έχουν μεταξύ τους ένα πολύ σημαντικό για την ασφάλεια σύστημα αλληλοαπαγορεύσεων (μανδαλώσεων) που θα περιγραφεί αναλυτικά στο κεφ.2.

1.4 ΟΙ ΚΥΨΕΛΕΣ ΜΤ

Οι κυψέλες που διαμορφώνουν τους πίνακες ΜΤ σ' όλους τους ΥΣ έχουν τα πιο κάτω χαρακτηριστικά για μέγιστη ασφάλεια προσωπικού και εξοπλισμού, αξιοπιστία (reliability), διαθεσιμότητα (availability) ευκολία συντήρησης (serviceability) και εργονομία (ergonomy).

- 1). Είναι αντοχής σε εσωτερικό τόξο (arc proof). Τέτοιες κυψέλες χαρακτηρίζονται από το ισχύον σήμερα Ευρωπαϊκό πρότυπο που τις προδιαγράφει, το EN 6227-1 200 ως "IAC" (Internal Arc Classification). Οι κυψέλες αυτές δοκιμάζονται κατά τύπο ως προς την αντοχή τους στο εσωτερικό - ανοιχτό τόξο σύμφωνα με το πιο πάνω πρότυπο με μια καταστροφική δοκιμή (destructive test) δείγματος
- 2). Έχουν εσωτερική διαμερισματοποίηση με τρεις ξεχωριστούς χώρους εξοπλισμού ΜΤ, πλήρως διαχωρισμένους μεταξύ τους, με γειωμένα μεταλλικά πετάσματα τύπου "partition class PM" . Οι χώροι αυτοί (διαμερίσματα - compartments) είναι οι εξής (βλ. φωτο2 που ακολουθεί):
 - α). Ο χώρος του ΑΔ με τις θηλυκές υποδοχές ("πρίζες") βυσμάτωσης του συρόμενου ΑΔ.

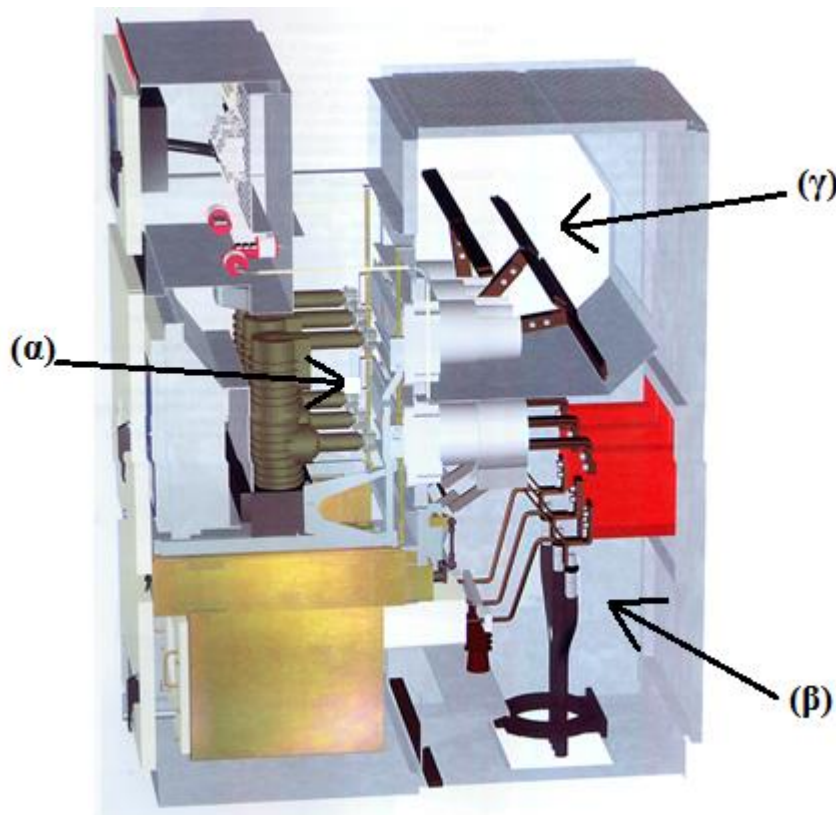


Φώτο 1. Οι πίνακες ΜΤ αντίστοιχου έργου

β). Ο κοινός χώρος των ακροκιβωτίων, των καλωδίων ΜΤ, των Μ/Σ μέτρησης έντασης, τον διακόπτη γείωσης και των απαγωγέων υπέρτασης.

γ). Ο χώρος ζυγών που είναι κοινός για όλον τον πίνακα. Σ' αυτόν τον χώρο τοποθετούνται Μ/Σ τάσης ζυγών όπως οι Τ31.1-3 (σχ.4)

Κάθε διακεκριμένος χώρος από τους παραπάνω έχει δική του "καπνοδόχο" για την παροχέτευση των υπέρθερμων αερίων πιθανού τόξου προς έναν οριζόντιο αεριαγωγό που τελικά οδηγεί τα αέρια στο εξωτερικό περιβάλλον για να αποφευχθεί η καταστροφή του ΥΣ.



Φώτο 2 «Πλήρως διαμερισματοποιημένα πεδία με συρόμενο διακόπτη»

Ο τρόπος προσβασιμότητας στις κυψέλες αυτές χαρακτηρίζεται από το αναφερθέν πρότυπο ως LSC 2B.

Η επιλογή των κυψελών MT ως προς τις ηλεκτρικές παραμέτρους είναι απλή και ασφαλής, διότι οι διατιθέμενες στο εμπόριο τυποποιημένες κυψέλες 20kV τέτοιου τύπου έχουν κατά κανόνα υψηλότερες τιμές χαρακτηριστικών θερμικής και δυναμικής αντοχής από τις απαιτούμενες στο εν λόγω Έργο.

Πχ: το μέγιστο ρεύμα διαρκούς - συμμετρικού βραχυκυκλώματος $I_{κ''}$, που μπορεί να παρέχει το δίκτυο ΔΕΗ το οποίο έχει συνήθως ισχύ βραχυκύκλωσης 250MVA υπό τις δυσμενέστερες συνθήκες, είναι:

$$I_{κ''} = \frac{S_{κ}}{U_n \cdot \sqrt{3}} \quad \text{άρα} \quad I_{κ''} = \frac{250\text{MVA}}{20\text{kV} \cdot \sqrt{3}} = 7,2\text{kA}$$

Το ρεύμα αυτό καταπονεί θερμικά τα στοιχεία των κυψελών ενώ η δυναμική καταπόνησή τους προέρχεται από την τιμή του αρχικού ρεύματος βραχυκυκλώσεως (I_s). Η τελευταία, στη δυσμενέστερη περίπτωση, λαμβάνεται πρακτικά ως :

$$I_s = 2,5 \cdot I_{κ''}$$

δηλαδή για την περίπτωσή μας:

$$I_s = 2,5 \cdot 7,2\text{kA} = 18\text{kA}$$

Οι επιλεγμένες κυψέλες MT (ζυγοί, μονωτήρες, γειωτές κλπ) καθώς και οι ΑΔ αντέχουν θερμικά και δυναμικά αντίστοιχα σε 16kA(3s)/40kA. Άρα υπερκαλύπτουν με άνεση τις παραπάνω τιμές.

Για τους ΑΔ ΜΤ το συμμετρικό ρεύμα βραχυκυκλώματος (7,2kA) πρέπει να είναι μικρότερο του ρεύματος διακοπής (break current) του ΑΔ και το αρχικό (δυναμικό) ρεύμα βραχυκυκλώματος (18kA) μικρότερο του ρεύματος ζεύξης του ΑΔ (make current). Οι τιμές αυτές των επιλεγμένων ΑΔ είναι αντίστοιχα 16/40 kA.

Το ολικό ονομαστικό ρεύμα κανονικής λειτουργίας της διανομής ΜΤ του Υ0, αν φορτιστούν όλοι οι Μ/Σ διανομής πλήρως και με την επιτρεπτή από τους κατασκευαστές υπέρβαση των 10%. (που είναι η θεωρητικά δυσμενέστερη, μάλλον απίθανη περίπτωση) είναι:

$$I_{ολ} = 1,1 \cdot \left[\frac{(400 + 1000 + 800 + 800)kVA}{20kV \cdot \sqrt{3}} \right] = 95,3A$$

Το ρεύμα αυτό θα μπορούσε να διέλθει μόνο από τον ΑΔ εισόδου ΔΕΗ, Q41.

Ένα κάπως μικρότερο ρεύμα (λόγω απόρριψης φορτίων κατά τη λειτουργία με ΗΖ) διέρχεται από τον ΑΔ τομής Q31 και μοιράζεται στους ΑΔ των ΗΖ Q.11/Q21.

Όλοι οι άλλοι ΑΔ άγουν πολύ μικρότερα ρεύματα. Ωστόσο όλες οι κυψέλες ΜΤ έχουν ονομαστικό ρεύμα ζυγών και ΑΔ 630A (40°C) που υπερκαλύπτει κατά πολύ τα παραπάνω αναμενόμενα ρεύματα. (Σημ: Η μικρότερη τιμή ονομαστικού ρεύματος στους περισσότερους τύπους κυψελών ΜΤ και ΑΔ του εμπορίου είναι 400A).

1.5 ΟΙ ΑΥΤΟΜΑΤΟΙ ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ΜΤ

Όλοι οι ΑΔ ΜΤ είναι τύπου "κενού" (vacuum automatic circuit breakers), συρόμενοι (draw out ή withdrawable).

Δηλαδή το διακοπτικό στοιχείο βρίσκεται πάνω σε ένα φορείο με ρόδες που μπορεί να τραβηχτεί έξω από τη «θυρίδα» του στην κυψέλη. Ο διακόπτης «βυσματώνει» στην κυψέλη όταν σπρώχνεται στη θέση «βυσμάτωσης» μέσω 3+3 επαφών ισχύος σε μορφή «φίς – πρίζας». Τα βοηθητικά συστήματα του ΑΔ συνδέονται με ένα πολυπολικό ζεύγος φίς – πρίζας.



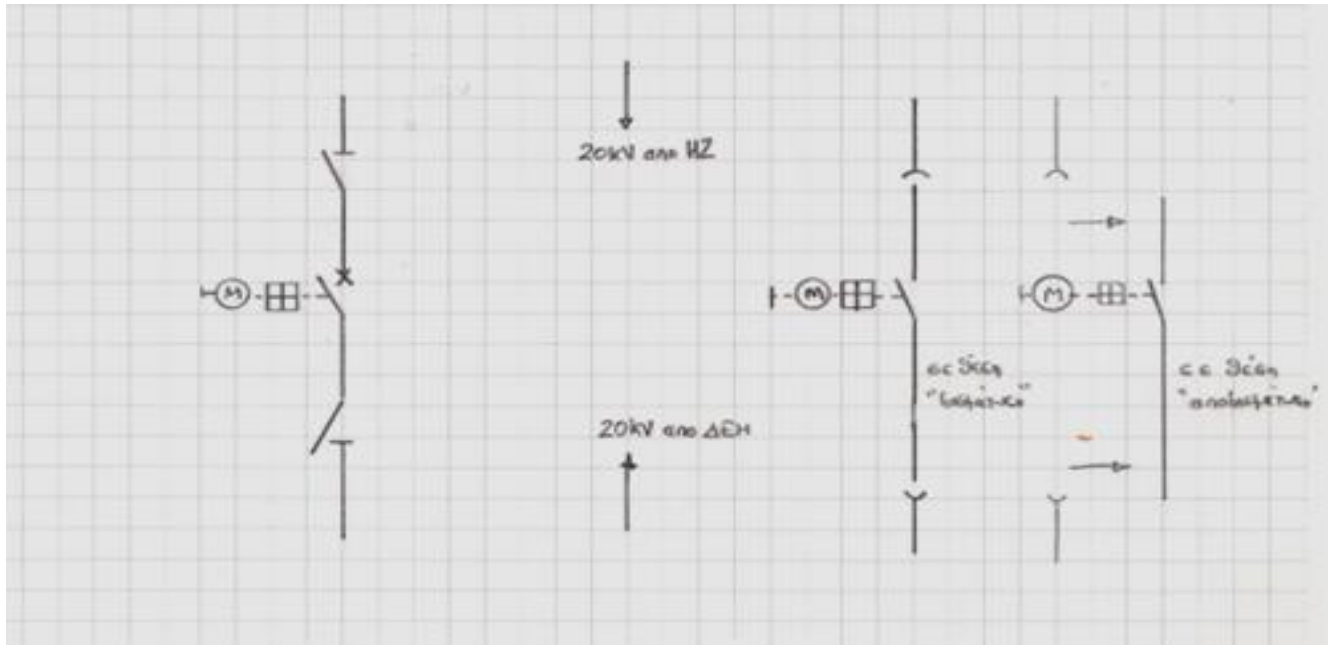
Φώτο 3. Κυψέλη με συρόμενο ΑΔ

Μολονότι η λύση των συρόμενων ΑΔ είναι ακριβότερη από τους σταθερού τύπου ΑΔ (fixed) που αποτελούν την πιο κοινή συμβατική λύση, στην περίπτωση του εν λόγω Έργου, εξ αιτίας των ειδικών απαιτήσεων (παρα.1.2), αλλά και για επιπλέον λόγους που θα εξηγηθούν παρακάτω έχει κριθεί ως απαραίτητη.

Στη ΜΤ, κατά πάγια τακτική (common technical practice), επιβάλλεται να υπάρχει μπροστά από κάθε ΑΔ ένα στοιχείο απόζευξης στην πλευρά εμφανίζεται μόνιμα ή περιστασιακά τάση, με ανοιχτό τον ΑΔ. Το «στοιχείο απόζευξης» μπορεί να είναι ένας "Αποζεύκτης Κενού" (δηλαδή χωρίς δυνατότητα διακοπής φορτίου : disconnect) ή "Διακόπτης Φορτίου" - (load switch). Ο ρόλος του στοιχείου απόζευξης είναι να εξασφαλίζει για τον χειριστή οπτικά επιβεβαιώσιμη απομόνωση (visible disconnection) από την πλευρά που ενδέχεται να υπάρξει τάση. Έτσι, οι εργασίες συντήρησης του ΑΔ και της κυψέλης καθίστανται ασφαλείς. Η απομόνωση αυτή από την τάση πρέπει να διασφαλίζεται και με το προσωπικό λουκέτο του ίδιου του τεχνικού που κάνει εργασία επί της κυψέλης, σύμφωνα με τους Κανόνες Ασφαλούς Εργασίας. Δηλαδή οι αποζεύκτες κατά κανόνα μπορούν να κλειδώνονται στη θέση "Ανοιχτός" (lockout – tagout).

Οι αποζεύκτες συνήθως είναι μηχανικά αλληλομανδαλωμένοι με τους διακόπτες γείωσης της κυψέλης (αν υπάρχουν γειωτές), ώστε να κλείνει είτε ο αποζεύκτης μόνο είτε ο γειωτής μόνο. Αν πρόκειται για αποζεύκτες κενού, αυτοί μανδαλώνονται και κανονικά με τους ΑΔ, ώστε να μη κόβουν φορτίο. (δεν ανοίγουν, αν δεν ανοίξει ο ΑΔ και δεν κλείνουν, αν ο ΑΔ είναι κλειστός).

Για να μπορούσε να τηρηθεί η αναφερθείσα προϋπόθεση της απομόνωσης από την πλευρά του ΑΔ, όπου μπορεί να υπάρχει τάση με ανοιχτό τον ίδιο τον ΑΔ, στις περιπτώσεις των ΑΔ Q10, Q11, Q20, Q21, Q31, αν είχαμε υιοθετήσει συμβατικό σχήμα ΑΔ με αποζεύκτες, θα έπρεπε οι κυψέλες να είναι όπως στο σχ.6α, δηλαδή κάθε ο ΑΔ να έχει τους αποζεύκτες αμφίπλευρα, αφού ο κάθε διακόπτης, κατά περίπτωση, μπορεί να έχει τάση στην κάτω πλευρά του ή και στην πάνω (από ΔΕΗ ή από ΗΖ).



(Σχ6α)

(Σχ6β)

Σχ.6 – Σύγκριση χρήσης ΑΔ σταθερού τύπου έναντι συρομένου για περιπτώσεις όπου μπορεί να υπάρξει τάση και στις δύο πλευρές του ΑΔ

Η μορφή αυτή δεν είναι πρακτική ούτε για τη λειτουργία ούτε και λόγω του μεγάλου όγκου της κυψέλης.

Χρησιμοποιώντας "συρόμενους ΑΔ" διασφαλίζεται η αμφίπλευρη απομόνωση όταν ο διακόπτης σύρεται έξω, στη θέση "Αποβυσμάτωση". Η θέση αυτή είναι οπτικά επιβεβαιώσιμη και ο ΑΔ μπορεί να κλειδωθεί σ' αυτήν. Τότε δεν μπορεί να συρθεί πίσω στη θέση κανονικής λειτουργίας («βυσματωμένος»). Στη θέση "Αποβυσμάτωσης" ο διακόπτης είναι πλήρως ελέγξιμος με ασφάλεια.

Το "σύρσιμο" του ΑΔ έξω ή μέσα παρεμποδίζεται μηχανικά (μηχ. μανδάλωση) αν αυτός είναι κλειστός. Έτσι αποφεύγεται η πρόκληση τόξου κατά την βυσμάτωση – αποβυσμάτωση κλειστού διακόπτη υπό φορτίο.

Αν η κυψέλη εξοπλίζεται και με διακόπτη γείωσης, όπως οι κυψέλες των ΑΔ Q0.1, Q0.3, Q51 που τροφοδοτούν γραμμές προς Μ/Σ διανομής ή ΥΣ, το φορείο των συρομένων ΑΔ μανδαλώνεται μηχανικά με τους διακόπτες γείωσης. Έτσι, αν δεν συρθεί έξω ο ΑΔ (και βέβαια,

αφού έχει ανοίξει), δεν κλείνει ο γειωτής, και , αν ο γειωτής δεν έχει ανοίξει, δεν σύρεται μέσα ο ΑΔ.

Για τις μανδαλώσεις των Q0.1/Q0.3 τίθενται όμως και άλλες επιπρόσθετες προϋποθέσεις ασφάλειας, λόγω του βρόχου διασύνδεσης των ΥΣ.

Όλοι οι ΑΔ ΜΤ του Υ0 είναι τηλεχειριζόμενοι. (ομοίως και οι δύο ΑΔ ΧΤ των ΗΖ Q10, Q20).

Ένας κινητήρας 220V ac κουρδίζει τα ελατήρια τάνυσης των τηλεχειριζόμενων ΑΔ, αποταμιεύοντας ενέργεια για τουλάχιστον 2 κύκλους "Άνοιξε - Κλείσε". Οι εντολές "Άνοιξε - Κλείσε" από τον Κεντρικό Αυτοματισμό ή από τα μπουτόν χειροκίνητου χειρισμού που βρίσκονται πάνω στο Μιμικό Διάγραμμα, μεταβιβάζονται μέσω βοηθητικού ρελέ στους ηλεκτρομαγνήτες "Άνοιξε" ή "Κλείσε" (24V dc) του κάθε ΑΔ (shunt release & close coil). (σχ.8) Αυτοί ενεργοποιούν τις κασάνιες, οι οποίες ελευθερώνουν τα ελατήρια τάνυσης που ανοίγουν ή κλείνουν βίαια τον ΑΔ.

Για τις πολύπλοκες μανδαλώσεις που επιβάλλει το σχήμα του μονογραμμικού προβλέπονται στον ΑΔ "πηνία έλλειψης τάσης" (undervoltage coils) 24V dc χωρίς χρονική καθυστέρηση.

Τα πηνία αυτά παρέχουν την μόνη αξιόπιστη και αποδεκτή λύση για σύνθετες αλληλομανδαλώσεις όταν, όπως εν προκειμένω, δεν είναι δυνατή η μηχανική αλληλομανδάλωση. Τα πηνία έλλειψης τάσης λειτουργούν με "αρνητική λογική", δηλαδή με αφαίρεση και όχι πρόσδοση τάσης ή εντολής ανοίγουν τον διακόπτη. Γι' αυτό θεωρούνται κατά πάγια αντίληψη ασφαλή (fail safe).

Για την "πληροφόρηση του αυτοματισμού", ώστε να πραγματοποιούνται οι μανδαλώσεις και για την οδήγηση των ενδείξεων καταστάσεων μέσω LEDs που είναι πάνω στο Μιμικό

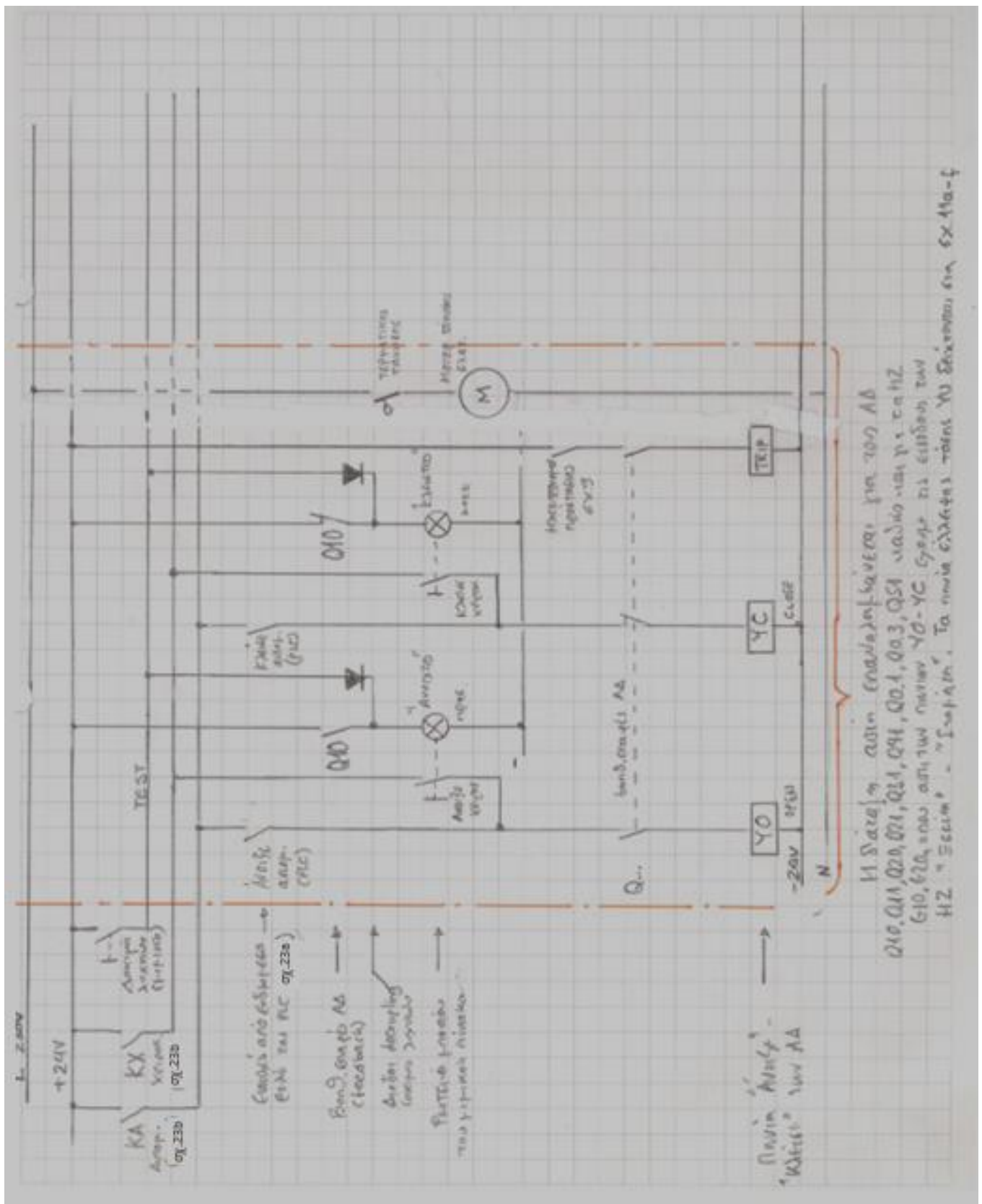
Διάγραμμα χειρισμών, οι ΑΔ διαθέτουν αριθμό βοηθητικών επαφών κατάστασης: "Ανοιχτός - Κλειστός - Σε θέση Αποβυσμάτωσης (μη διαθέσιμος)".

Στο σχ.7 δείχνεται το τρίγραμμο διάγραμμα ενός ΑΔ ΜΤ με γειωτή.

Στα σχ.8/11 δείχνονται τα βοηθητικά κυκλώματα για των χειρισμό και τις μανδαλώσεις.

Η χρήση των συρόμενων ΑΔ, πέρα από την αναφερθείσα ευχέρεια αποφυγής των αναγκαίων συνδυασμών "Αποζεύκτη - ΑΔ", παρέχουν την τεράστιας σημασίας άνεση της ασφαλούς και ταχείας "επισκεψιμότητας". Δηλαδή σε περίπτωση ανάγκης συντήρησης ή ελέγχου ή αλλαγής, οι ΑΔ αφαιρούνται με ευκολία για να συντηρηθούν εκτός κυψέλης και αντικαθίστανται προσωρινά ή μόνιμα από άλλους εφεδρικούς μέσα σε χρόνο λίγων λεπτών μόνο.

Οι μονωτήρες στήριξης ΜΤ στις κυψέλες εξοπλίζονται με χωρητικούς καταμεριστές τάσης που δείχνουν σε λυχνίες φθορισμού την πιθανή παρουσία τάσης. Οι ΑΔ Q11, Q21, Q31 και Q41 έχουν καταμεριστή τάσης αμφίπλευρα, αφού τάση μπορεί να εμφανίζεται στην είσοδο και στην έξοδό τους. Οι ΑΔ Q01, Q03 και Q51 έχουν χωρητικούς καταμεριστές μόνο στην πλευρά εξόδου. Το στοιχείο ένδειξης των καταμεριστών τάσης εφοδιάζεται με ειδική βυσματούμενη διάταξη ελέγχου, ώστε να επιβεβαιώνεται η καλή λειτουργία του.



Σχ.8 - Χειρισμός των Αυτόματων Διακοπών

1.6 ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΜΤ ΚΑΙ ΟΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΕΣ ΜΤ

Όλες οι κυψέλες ΜΤ, με εξαίρεση εκείνη του ΑΔ τομής Q31, διαθέτουν σετ τριών μετασχηματιστών μέτρησης έντασης (CTs) για να παρέχουν ένα "υπο/κλίμακα δείγμα" της έντασης των 20kV στους ηλεκτρονόμους προστασίας και στα όργανα μέτρησης έντασης και ισχύος.

Οι μετασχηματιστές έντασης που χρησιμοποιούνται είναι δύο τυλιγμάτων, ίδιου λόγου, το καθένα, αλλά με διαφορετικό επίπεδο κορεσμού πυρήνα και διαφορετική ακρίβεια (κλάση). Τα τυλίγματα μέτρησης που συνδέονται σε όργανα μέτρησης έχουν καλύτερη ακρίβεια μέτρησης (class 1) αλλά κορέννεται σε σχετικά χαμηλή υπερένταση, ψαλιδίζοντας μεγάλο ρεύμα εξόδου. Έτσι δεν βλάπτονται τα συνδεδεμένα όργανα μέτρησης, όταν συμβαίνουν υπερεντάσεις ή βραχυκυκλώματα. Τα τυλίγματα προστασίας είναι τύπου 5P10, (Σημ: 5P10 σημαίνει ότι στο 10-πλάσιο του ονομαστικού ρεύματος το σφάλμα είναι κάτω του 5%). Τα τυλίγματα αυτά μεταφέρουν στους ηλεκτρονόμους σχεδόν "αψαλίδιστα" τα "δείγματα" των υψηλών ρευμάτων σφάλματος για να αξιολογηθούν αυτά από τους ηλεκτρονόμους προστασίας. Λόγω των μεγάλων τιμών των μετρούμενων ρευμάτων σφάλματος, η ακρίβεια των τυλιγμάτων προστασίας των CTs δεν είναι σημαντική, όπως των τυλιγμάτων της μέτρησης.

Οι μετασχηματιστές έντασης των κυψελών ΜΤ πρέπει να αντέχουν θερμικά στο παραπάνω αναφερθέν (παρα.1.4) αναμενόμενο μέγιστο συμμετρικό ρεύμα βραχυκυκλώματος (7,2kA), κάτι το οποίο καλύπτουν οι τυποποιημένοι του εμπορίου των 12,5kA. Πρέπει να έχουν, κατά περίπτωση, λόγο υποβιβασμού $I_1/5A$, όπου I_1 είναι το ονομαστικό ρεύμα φορτίου, δηλαδή του πρωτεύοντος του Μ/Σ διανομής που τροφοδοτούν ή του αθροίσματος των τροφοδοτούμενων μετασχηματιστών, στην περίπτωση των ΑΔ Q0.1, Q0.3. Οι τελευταίοι μπορούν να τροφοδοτούν ο καθένας από έναν μέχρι και τους τρεις Μ/Σ ισχύος των ΥΣ Y1, Y2, Y3, ανάλογα με το ποιός κλάδος του βρόχου βρίσκεται ανοιχτός (σχ.13).

α). Άρα για τους Μ/Σ έντασης των ΑΔ Q0.1, Q0.3 ισχύει για την σχέση $I_1/5A$

$$I_1 = \frac{(1000 + 800 + 800)}{20 \cdot \sqrt{3}} = 75A$$

επιλογή λόγου 80/5A

β). Για τους Μ/Σ έντασης εισόδου (ΔΕΗ) του ΑΔ Q41

$$I_1 = \frac{(400 + 1000 + 800 + 800)}{20 \cdot \sqrt{3}} = 86,6A$$

επιλογή λόγου 90/5A

γ). Για τον Μ/Σ διανομής 400kVA που Y0 που τροφοδοτείται από την κυψέλη του ΑΔ Q51 ισχύει:

$$I_1 = \frac{400}{20 \cdot \sqrt{3}} = 11,5A$$

επιλογή λόγου 20/5A

δ). για τους Μ/Σ έντασης στο δευτερεύον (MT) των Μ/Σ ανύψωσης 1000kVA (ΑΔ Q11, Q21) ισχύει:

$$I_1 = \frac{1000}{20 \cdot \sqrt{3}} = 28,3A \quad \text{επιλογή λόγου 30/5A}$$

ε). Για τους Μ/Σ έντασης τροφοδοσίας του Μ/Σ διανομής 1000kVA του Υ1 ισχύει όπως στην περίπτωση (δ) $I_1 = 30/5A$

ζ). Για τους Μ/Σ έντασης τροφοδοσίας των Μ/Σ 800kVA στους Υ2 και Υ3 ισχύει:

$$I_1 = \frac{800}{20 \cdot \sqrt{3}} = 23A$$

επιλογή λόγου 30/5A

η). Για τους Μ/Σ έντασης ΑΔ εισόδου - εξόδου των ΥΣ του βρόχου Υ1 και Υ3 ισχύει όπως στην περίπτωση (α), δηλαδή:

$$I_1 = 80/5A$$

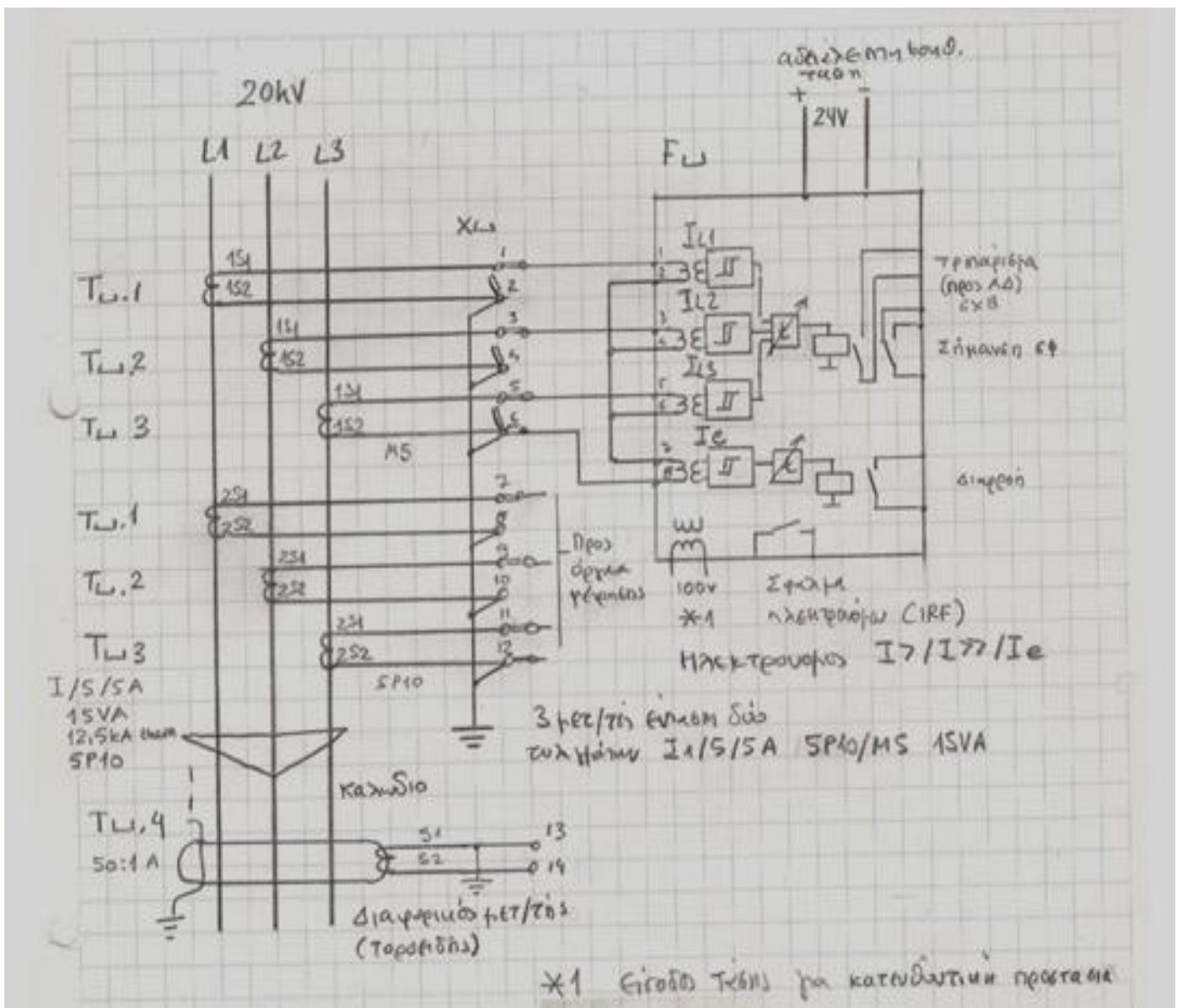
θ). Για τους Μ/Σ έντασης ΑΔ εισόδου - εξόδου του ΥΣ Υ2 ισχύει:

$$I_1 = \frac{(800+1000)}{20 \cdot \sqrt{3}} = 52A$$

επιλογή λόγου 50/5A

(Σημ: 10% υπέρβαση του I_1 είναι αποδεκτή).

Η δυνατότητα παροχής σε ισχύ των τυποποιημένων Μ/Σ μέτρησης ρεύματος είναι της τάξης των 10-15VA και υπερκαλύπτει με άνεση τις ανάγκες σε ισχύ των ηλεκτρονικών ηλεκτρονόμων και των οργάνων που συνδέονται σ' αυτούς.



Σχ.9 – Μ/Σ μέτρησης ρευμάτων και ηλεκτρονόμοι προστασίας ρευμάτων

Η σύνδεση των Μ/Σ μέτρησης ρεύματος φαίνεται στο σχ.9. Χρησιμοποιούνται στην έξοδό τους ειδικές γεφυρούμενες κλέμμες. Έτσι, αφ' ενός μπορούν να βραχυκυκλωθούν και να γειωθούν για ασφάλεια τα δευτερεύοντα των Μ/Σ έντασης, αν αφαιρεθεί (προσωρινά) κάποιος ηλεκτρονόμος ή όργανο και αφ' ετέρου είναι δυνατή η έγχυση ρεύματος για δοκιμή της προστασίας.

Στις περιπτώσεις τροφοδοσίας καλωδιακών γραμμών (ΑΔ Q0.1, Q0.3), όπου οι διαρροές προς γη είναι συχνότερες και κρίσιμες, προβλέπονται τοροειδείς Μ/Σ (διαφορικοί) σχέσης 50/1, για καλύτερη διευκρίνηση των σφαλμάτων διαρροής προς γη. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις η διαρροή επιτηρείται μέσω του 4ου στοιχείου ανίχνευσης διαρροών προς γη του ηλεκτρονόμου προστασίας ($I_{L1}, I_{L2}, I_{L3}, I_e$), το οποίο με τον τρόπο που συνδέεται στο σχ.9 "πιάνει" την διανυσματική διαφορά των τριών ρευμάτων φάσης. Αυτά σε συνθήκες χωρίς διαρροή έχουν μηδενικό διανυσματικό άθροισμα. (Ίδια ρεύματα σε διαφορά 120° δίνουν $\Delta I = 0$).

Όταν προβλέπεται τοροειδής (διαφορικός Μ/Σ/σχ.9), όπως στις περιπτώσεις των ΑΔ που τροφοδοτούν καλωδιακές γραμμές, το δευτερεύον του (σχ.9/κλέμμες X13 και 14) συνδέονται στα σημεία 7-8 του ηλεκτρονόμου $I>/I>>/I_e$ που αφορούν το στοιχείο μέτρησης ρεύματος προς γη (I_e). Στην περίπτωση αυτή τα σημεία 2,4,6 του ηλεκτρονόμου και η κλέμμα X6 συνδέονται στη γείωση της κυψέλης.

Το ρεύμα απόκρισης του στοιχείου I_e του ηλεκτρονόμου, όταν αυτό συνδέεται στον τοροειδή Μ/Σ, ρυθμίζεται βάσει του διαρκώς αποδεκτού χωρητικού ρεύματος διαρροής (I_c) των καλωδίων που είναι συνάρτηση του μήκους τους και δεν πρέπει να εκλαμβάνεται αυτό ως διαρροή. Συνήθως τίθεται τιμή ρύθμισης ηλεκτρονόμου για τη διαρροή:

$$I_{SET} = 1,5I_c \quad \text{όπου } I_c \geq 3U_N 2\pi f C \text{ και}$$

C = κατανεμημένη χωρητικότητα του καλωδίου, πχ για 95mm^2 είναι περίπου ίση με $0,17\mu\text{F}/\text{km}$, όπως δίνουν τα στοιχεία του κατασκευαστή καλωδίων.

Δηλαδή για καλώδιο διατομής 95mm^2 και μήκους 2km έχουμε:

$$I_c = 3 \times 20000 \times 314 \times 0,17 \times 10^{-6} \times 2 = 6.4\text{A}$$

Άρα το στοιχείο I_e του ηλεκτρονόμου μπορεί να ρυθμιστεί σε τιμή τάξης για $I_{set} = 1,5 \times 6,4 = 9,6\text{A}$ (ρυθμίζεται στα 10A)

Αφού γίνεται χρήση τοροειδούς Μ/Σ με λόγο 50:1, τα 10Α ρύθμισης του διαφορικού ρεύματος στο πρωτεύον του τοροειδούς θα αντιστοιχούν σε 200mA στο δευτερεύον του. Σ' αυτή την τιμή θέτουμε την απόκριση του στοιχείου I_e του ηλεκτρονόμου.

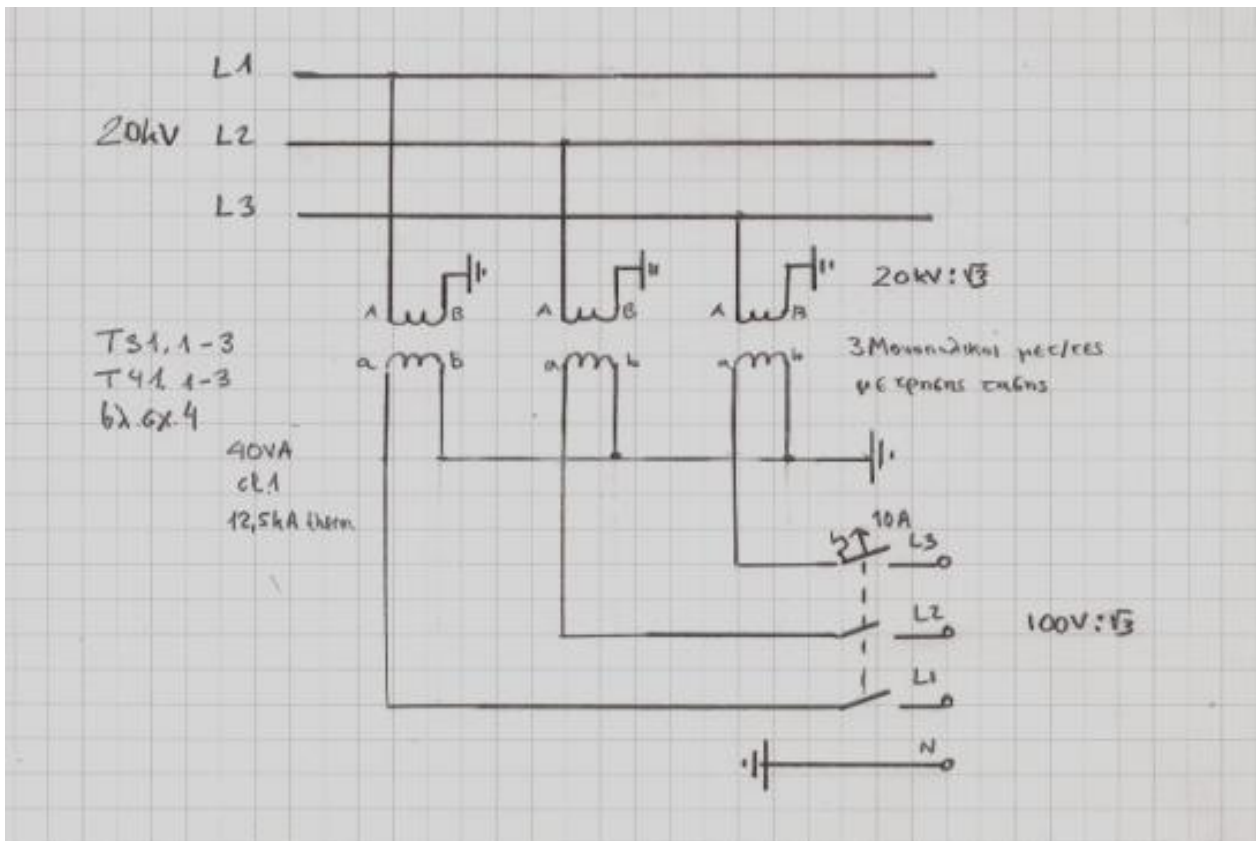
Οι ηλεκτρονόμοι προστασίας, εκτός των "δειγμάτων" των τριών ρευμάτων I/5A των φάσεων που παίρνουν από τους Μ/Σ έντασης, προκειμένου να ανιχνεύουν την κατεύθυνση της ροής του ρεύματος σφάλματος, παίρνουν και ένα δείγμα τάσης από μία φάση (πχ L1) από τους Μ/Σ τάσης (σχ.9,10) που συνδέονται στους εκάστοτε ζυγούς.

1.7 ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ΜΤ

Αμέσως μετά τους απαγωγείς υπέρτασης F41.1-4, στην είσοδο από τη ΔΕΗ, στον Υ0 (σχ.4) και πριν από τον ΑΔ εισόδου Q41 προβλέπεται η εγκατάσταση ενός σετ τριών Μ/Σ μέτρησης τάσης (VTs), T41.1-3.

Πρόκειται για μονοπολικούς Μ/Σ μέτρησης τάσης, συνδεδεμένους μεταξύ φάσεων και γης, σχέσης $20000\text{V}/\sqrt{3}$ προς $100\text{V}/\sqrt{3}$.

Οι Μ/Σ αυτοί, λόγω της σύνδεσης του πρωτεύοντος τυλίγματος προς γη, επιτρέπεται από τους Κανονισμούς (πχ VDE101) να μη συνοδεύονται από ασφάλειες τήξης ΜΤ. (Αυτό δε θα ίσχυε, αν είχαμε διπολικούς Μ/Σ μέτρησης τάσης $20000\text{V}/100\text{V}$, συνδεδεμένους μεταξύ φάσεων, είτε σε σχήμα Aaron, δηλαδή 2 τεμ., όπως συχνά συνηθίζεται είτε και σε σετ τριών).



Σχ.10 – Μονοπολικοί Μ/Σ μέτρησης τάσης

Στους ζυγούς BB2 του Y0 εγκαθίσταται παρόμοιο σετ μονοπολικών Μ/Σ μέτρησης τάσης T41.1-3 για την επιτήρηση της τάσης στους ζυγούς εφεδρικής παροχής BB2.

Τα δευτερεύοντα τάσης $100 : \sqrt{3}$ (V) των Μ/Σ τάσης T31.1-3 και T41.1-3 συνδέονται στον ηλεκτρονόμο επιτήρησης τάσης. F31.2 και F41.2 αντίστοιχα μέσω 3φασικών μικροαυτόματων διακοπών ΧΤ προστασίας, τάξης 10Α . Ο ηλεκτρονόμος τάσης F41.2 δίνει στον Κεντρικό Αυτοματισμό την πληροφορία της "απουσίας - παρουσίας της τάσης 20kV ΔΕΗ," ενώ ο F41.2 την πληροφορία "Ενεργοποίηση - Απενεργοποίηση των ζυγών εφεδρικής παροχής BB2" του Y0. (σχ.4.11α, 23)

1.8 ΒΡΟΧΟΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΜΤ

Η διακοπή ηλεκτροδότησης με ΜΤ ενός Τοπικού ΥΣ είναι αυτονόητο ότι μπορεί να γίνει και από αιτίες που δεν έχουν σχέση με τον πάροχο (ΔΕΗ). Για παράδειγμα θα μπορούσε να παρουσιαστεί βλάβη (διαρροή ή σκάσιμο) σε κάποιο καλώδιο ΜΤ ή σε ακροκιβώτιο ή να συμβεί ανοιχτό τόξο σε κάποια κυψέλη ΜΤ από εκείνες που συνδέουν τους Τοπικούς ΥΣ Υ1, Υ2, Υ3 μεταξύ τους και με τον Κεντρικό Υ0.

Θα μπορούσε ακόμα να πάθει βλάβη και κάποιος από τους Μ/Σ διανομής 20/0.4kV. Η τελευταία περίπτωση καλύπτεται στην παρα.2.1. Η περίπτωση βλάβης στα στοιχεία τροφοδοσίας ΜΤ των ΥΣ (καλώδια – πίνακες κλπ) αντιμετωπίζεται με την εφαρμογή ενός ανοιχτού καλωδιακού βρόχου τροφοδοσίας ΜΤ για την ενεργειακή παροχή των ΥΣ (σχ.3,4,12). Όπως φαίνεται στο τοπογραφικό διάγραμμα (σχ.1) και στο γενικό μονογραμμικό (σχ.4), υπάρχουν μεταξύ των ΥΣ 4 υπόγειες καλωδιακές διασυνδέσεις με ΑΔ στα δύο άκρα τους.

Υ0 - Υ1 (περ. 900m)

Υ1 - Υ2 (περ. 750m)

Υ2 - Υ3 (περ. 400m)

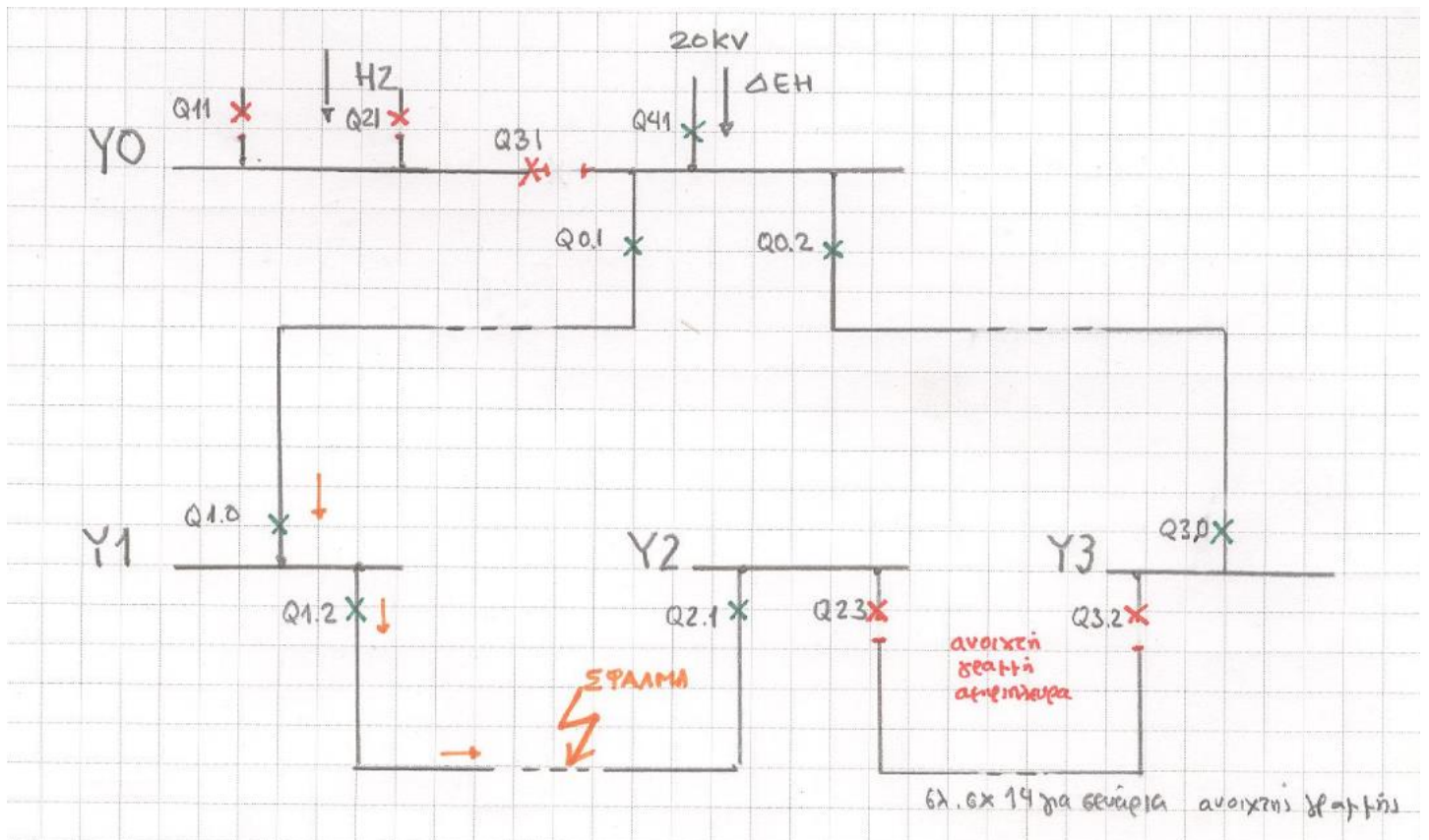
Υ3 - Υ0 (περ. 570m)

Σε κανονικές συνθήκες μόνο οι δύο ΑΔ που βρίσκονται στα δυο άκρα μιας μόνο από τις παραπάνω 4 διασυνδέσεις διατηρούνται πάντα ανοιχτοί και οι αντίστοιχοι διακόπτες γείωσής τους μένουν κλειστοί. Όλοι οι άλλοι ΑΔ των διασυνδετήριων καλωδιακών άκρων βρίσκονται κλειστοί. Αυτή είναι η έννοια του «Ανοιχτού Βρόχου».

Κατά προτίμηση οι χειριστές ανοίγουν περιοδικά εναλλάξ (πχ κάθε 6μήνες) τις διασυνδέσεις Υ1 - Υ2 και Υ2 - Υ3. Στο σχ.13 φαίνονται τα δυνατά σενάρια τροφοδοσίας του βρόχου ΜΤ.

Αν συμβεί σφάλμα σ' ένα υπόγειο καλώδιο διασύνδεσης ΥΣ, η προστασία του πλησιέστερου στο σφάλμα ΑΔ που βρίσκεται στη φορά ροής της ενέργειας διακόπτει κατ' αρχήν μονόπλευρα τη γραμμή με το σφάλμα (σχ.12), χάρη στην χρονική ιεράρχιση των στοιχείων I>> των ρελέ προστασίας. Δηλαδή ΑΔ Q0.1, Q0.2 ως πλησιέστεροι προς την πηγή (ΔΕΗ) παίρνουν εντολή διακοπής σε υψηλότερο χρόνο από τους επόμενούς τους. Ταυτόχρονα δίνεται τοπικό οπτικοακουστικό σήμα στον Υ0 καθώς και σήμα GSM με μήνυμα σε κινητά τηλέφωνα των ηλεκτρολόγων για την αναγγελία της ανωμαλίας. Ακολούθως ο ηλεκτρολόγος που θα προσέλθει πρέπει πρώτα να ανοίξει χειροκίνητα τον ΑΔ και του άλλου άκρου της προβληματικής διασύνδεσης, να κλείσει μετά τους δύο γειωτές των άκρων της ίδιας γραμμής και ακολούθως να ενεργοποιήσει την άλλη μοναδική καλωδιακή γραμμή του βρόχου που πριν την ανωμαλία ήταν ανοιχτή, κλείνοντας τους δύο ΑΔ των άκρων της.

Παράδειγμα:



Σχ.12 – Σφάλμα στον βρόχο τροφοδοσίας ΥΣ

Έστω ότι η τροφοδοσία γίνεται με το παραπάνω σχ.12 και έχουμε σφάλμα στο καλώδιο διασύνδεσης $Y1 - Y2$. Στην περίπτωση αυτή η προστασία του ΑΔ Q1.2 θα "τριπάρει" τον ίδιο Q1.2. Ο ηλεκτρολόγος που θα μεταβεί, θα ανοίξει χειροκίνητα τον Q2.1, θα κλείσει μετά τους γειωτές των Q1.2 και Q2.1 και ακολούθως, αφού ανοίξει τους γειωτές των Q2.3 και Q3.2 θα κλείσει και τους ΑΔ Q2.3 και Q3.2. Τώρα η ενέργεια προς τον $Y2$ θα μπαίνει αντίστροφα από πριν, μέσω του ΑΔ Q2.3, ενώ πριν έμπαινε από τον Q2.1.

Στο παραπάνω παράδειγμα βλέπουμε ότι οι δύο ΑΔ του βρόχου στους κάθε $Y\Sigma$ 1-2-3 μπορούν να έχουν ροή ενέργειας κατά περίπτωση προς τη μία ή την άλλη κατεύθυνση. Βλέπουμε επίσης ότι ένα σφάλμα καλωδιακής γραμμής μπορεί να τροφοδοτείται από δύο ΑΔ του ίδιου $Y\Sigma$ αλλά και από άλλους ΑΔ άλλων $Y\Sigma$. Στο παράδειγμα το σφάλμα τροφοδοτείται από τους Q1.0 και Q1.2 αλλά και από τον Q0.1.

Θα ήταν αναμενόμενο να "τριπάρει" ο Q1.0 ή ο Q1.2 ή και οι δύο ΑΔ που τροφοδοτούν το σφάλμα ή ακόμα και ο Q0.1. Στην περίπτωση όμως που θα τριπάρει ο Q0.1, θα είχαμε διακοπή ηλεκτροδότησης δύο $Y\Sigma$, του $Y1$ και του $Y2$.

Για να μη συμβεί αυτό, ο χρόνος ανοίγματος των ΑΔ ιεραρχείται κατάλληλα (ο πλησιέστερος στην πηγή ανοίγει λίγο πιο αργά) και επίσης οι ΑΔ εξοπλίζονται με κατευθυντικό στοιχείο στον ηλεκτρονόμο προστασίας τους και με τον αναγκαίο γι' αυτό Μ/Σ τάσης. Έτσι, το κατευθυντικό στοιχείο, που λειτουργεί με δείγματα ρεύματος και τάσης, αναγνωρίζει την κατεύθυνση ροής ρεύματος σφάλματος. Αν αυτή δεν είναι προς τους ζυγούς του ίδιου $Y\Sigma$, εκείνος ο διακόπτης που βλέπει ροή αντίθετη προς τους ζυγούς του $Y\Sigma$ του λειτουργεί ταχύτατα (σχεδόν ακαριαία) σε σχέση με την περίπτωση ροής ρεύματος με κατεύθυνση προς τους ζυγούς. Στην τελευταία περίπτωση θέτουμε στον ηλεκτρονόμο μία καθυστέρηση τάξης 150ms. Έτσι αναμένεται να "καθαρίσει" το σφάλμα με το άνοιγμα ενός μόνο ΑΔ πριν ανοίξουν και άλλοι.

Η διαδικασία που περιγράφηκε πιο πάνω, της χειροκίνητης αποκατάστασης του βρόχου, απαιτεί από το προσωπικό της μονάδας χρόνο απασχόλησης τάξης περίπου μισής ώρας, αν αυτό βρίσκεται ήδη μέσα στον χώρο της ξενοδοχειακής μονάδας.

Ωστόσο, επειδή η περίπτωση αυτής της ανωμαλίας είναι αρκετά σπάνια (δεν συγκρίνεται με τη συχνότητα διακοπών ηλεκτροδότησης από ΔΕΗ), το ξενοδοχείο, κατά συνθήκη, θα ανεχθεί αυτή τη μικρής έκτασης διαταραχή.

Βέβαια, η "σκάντζα" της ανοιχτής γραμμής διασύνδεσης θα μπορούσε να γίνει και αυτόματα. Τότε όμως θα απαιτούντο επικοινωνίες μεταξύ των ΥΣ με οπτικές ίνες και ηλεκτρονικό εξοπλισμό ή συμβατική επικοινωνία δηλαδή με πολύκλινα καλώδια αυτοματισμού και βοηθητικά ρελέ, ή και ασύρματη επικοινωνία, κάτι το οποίο δεν κρίθηκε σκόπιμο.

ΣΕΝΑΡΙΟ ΛΕΙΤ. ΒΡΟΧΟΥ	Ολ. μήκος / Ρεστά κλάδων	
	Αριστερά	Δεξιά
	$l = 900 + 750 = 1650m$ $I = 28,9 + 23 \approx 52A$	$l = 570m$ $I = 23A$
	$l = 900m$ $I = 28,9A$	$l = 570 + 400 = 970m$ $I = 23 + 23 = 46A$
	$l = 900 + 750 + 400 = 2050m$ $I = 28,9 + 23 + 23 = 75A$	$I = 0$
	$I = 0$	$l = 570 + 400 + 750 = 1720m$ $I = 23 + 23 + 28,9 = 75A$

Γνωρίζετε
 το πρόβλημα
 60m!

Δυσχελεύσεων
 κλειστών, αλλά
 ευχαριστώ επ'αφορμή

Πρόβλημα
 επ'αφορμή

Σχ.13

1.9 ΚΑΛΩΔΙΑ ΜΤ/ΧΤ

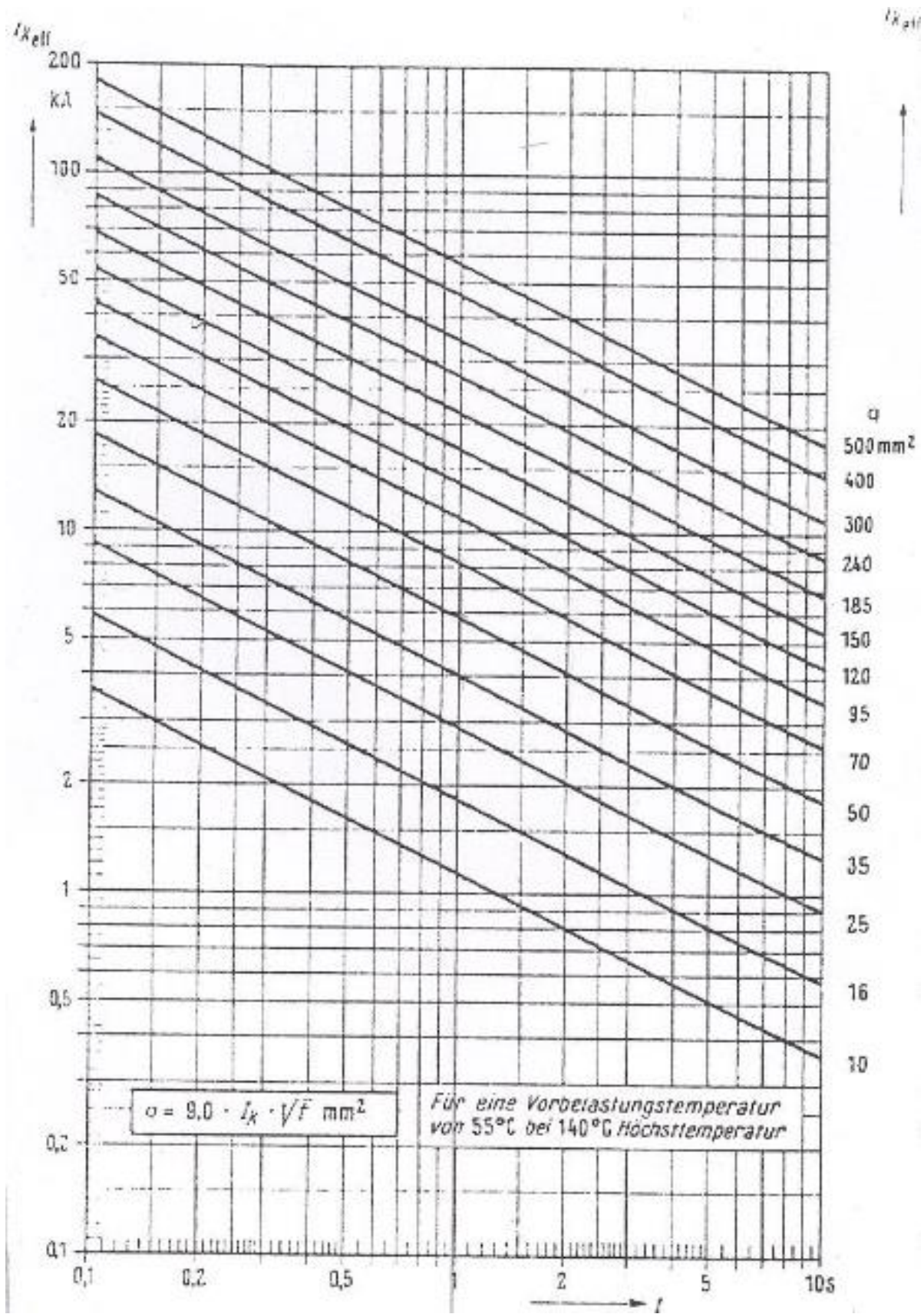
Κατά κανόνα στις μικρής έκτασης διανομές ΜΤ τα καλώδια ΜΤ καθορίζονται κύρια από την αντοχή τους στη θερμική καταπόνηση στο μέγιστο πιθανό βραχυκύκλωμα. Συνήθως η διατομή που προκύπτει καλύπτει την επιτρεπτή πτώση τάσης στα 20kV που συνιστάται να μην ξεπερνά το 0.5%, αφού τα ρεύματα ΜΤ δεν είναι ιδιαίτερα υψηλά.

Στην περίπτωσή μας, ως μέγιστο θεωρητικό βραχυκύκλωμα, στα 20kV λαμβάνεται για ασφάλεια εκείνο που δηλώνεται ότι μπορεί να δώσει το δίκτυο ΔΕΗ με τη συνήθη ισχύ βραχυκύκλωσης των 250MVA, δηλαδή:

$$I_k \leq \frac{S_k}{\sqrt{3} \cdot U_n}$$

$$\text{Άρα } I_k \leq \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 20} = 7,2 \text{ kA}$$

Τα καλώδια χαλκού 20kV που επιλέγονται για τις διασυνδέσεις ΥΣ κατ' αρχήν μπορούν να διαστασιοποιηθούν με βάση το διάγραμμα του σχ.14 που συσχετίζει ρεύμα βραχυκύκλωσης (kA), μέγιστο χρόνο απόζευξης (s) στην περίπτωση βραχυκυκλώματος και διατομή καλωδίου χαλκού ΜΤ (mm²). Θέτοντας στο διάγραμμα αυτό $I_k = 7,2\text{kA}$ (βλ. παρα.1.4) και μέγιστο χρόνο απόζευξης «κατά συνθήκη» =1s, η ελάχιστη διατομή Cu που προκύπτει είναι τα 70 mm²/φάση.



Σχ.14 Διάγραμμα διαστασιολόγησης καλωδίων MT ως προς την ανοχή τους σε βραχυκύκλωμα σε συνάρτηση με το χρόνο διέλευσης

Επιλέγουμε για τον όλο βρόχο των μεγάλων αποστάσεων, κατ' αρχήν και προς έλεγχο ως προς την πτώση τάσης, καλώδια χαλκού 95mm², ενιαίας διατομής.

Βάσει του υπολογιστικού ελέγχου που θα ακολουθήσει θα γίνει αποδεκτή η διατομή αυτή, αν η πτώση τάσης είναι στη δυσμενέστερη περίπτωση μικρότερη του 0.5% που έχει τεθεί ως όριο, δηλαδή <100V στα 20000V.

Για τον υπολογισμό της ολικής πτώσης τάσης στο βρόχο ΜΤ επιλέγουμε από τα πιθανά σενάρια του πίνακα του σχ.13 το δυσμενέστερο που δίνει αθροιστικό μήκος καλωδίων ΜΤ 2050m και ολικό μέγιστο ρεύμα πλήρους φόρτισης όλων των Μ/Σ διανομής των ΥΣ Υ1, Υ2, Υ3 τα 75Α (περίπτωση μάλλον πολύ σπάνια).

Η ωμική αντίσταση (R) του καλωδίου Cu 95mm² για την απόσταση των 2050m είναι :

$$R = \frac{\rho \cdot l}{q} [\Omega], \quad \rho = \frac{1}{56} \Omega \text{mm}^2/\text{m}, \quad \text{όπου: } \rho = \text{ειδική αντίσταση χαλκού}$$

l = το μήκος (m)
q = διατομή αγωγού (mm²)

$$R = \frac{1 \cdot 2050}{56 \cdot 95} = 0,38\Omega$$

Η επαγωγική αντίσταση του καλωδίου (X) προκύπτει από την τιμή της αυτεπαγωγής ανά km L= 0.46mH/km που δίνει ο κατασκευαστής του καλωδίου.

$$X = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \cdot l [\Omega] \quad l = \text{Μήκος σε km}$$

Άρα,

$$X = 314 \cdot 0,46 \cdot 10^{-3} \cdot 2,05 = 0,3\Omega$$

Άρα, βάσει των τιμών X και R που υπολογίστηκαν πιο πάνω, η ολική-δυσμενέστερη πτώση τάσης, με συντελεστή ισχύος 0.92 (χάρη σε πυκνωτές που προβλέπονται στην XT) και με μέγιστο ρεύμα 75A μπορεί να είναι στο επίπεδο της MT :

$$U = \sqrt{3} \cdot I \cdot \sqrt{Z} \cdot \cos\varphi \text{ [V]}, \quad \text{Όπου } Z = R^2 + X^2 = (0,38)^2 + (0,3)^2 = 0,2344$$

$$U = \sqrt{3} \cdot 75 \cdot \sqrt{0,23444} \cdot 0,92 = 57,8 \text{ V}$$

$$\text{Δηλαδή } U\% = \frac{57,8 \cdot 100}{20000} = 0,29\%$$

Το ποσοστό αυτό, ως <0.5%, μας είναι αποδεχτό.

Για τη σύνδεση των Μ/Σ διανομής μέσα στους ΥΣ στην πλευρά των 20kV δεν τίθεται πρακτικά θέμα πτώσης τάσης καλωδίων, αφού το φορτίο (ο Μ/Σ) βρίσκεται σε απόσταση λίγων μόνο μέτρων από τους ζυγούς 20kV. Γι' αυτό, στις περιπτώσεις αυτές θα χρησιμοποιήσουμε παντού καλώδια χαλκού 70mm², που ορίστηκε πιο πάνω ως η ελάχιστη αποδεχτή διατομή στην MT.

Λόγω του μεγάλου ρεύματος που άγουν, παρ' όλο το μικρό τους μήκος, πρέπει να ελεγχθεί για τα καλώδια αυτά η παραγόμενη πτώση τάσης. Σε αντίθεση με τα καλώδια MT, εδώ η πτώση τάσης (U) παράγεται κύρια από την ωμική αντίσταση του καλωδίου, ενώ η επαγωγική ελάχιστα συμμετέχει. Άρα ισχύει:

$$U = \frac{\sqrt{3} \cdot l \cdot I}{u \cdot n \cdot S}, \quad \text{όπου}$$

- u = αγωγιμότητα χαλκού
- n = αριθμός παράλληλων καλωδίων
- S = διατομή κάθε καλωδίου (mm²)
- $u = \frac{1}{\rho} = 57 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$

$$U = \frac{\sqrt{3} \cdot 15 \cdot 1440}{57 \cdot 4 \cdot 240} = 0,68V$$

$$U\% = \frac{0,68}{400} \cdot 100 = 0,17\%$$

Η τιμή αυτή είναι αποδεκτή

1.10 ΑΠΟΦΥΓΗ ΑΣΤΟΧΗΣ ΓΕΙΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΚΑΛΩΔΙΟΥ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ ΒΡΟΧΟΥ

Στο μονογραμμικό διάγραμμα του σχ.4 φαίνονται διακόπτες γείωσης (γειωτές) τύπου «ταχυγειωτή» στα άκρα των καλωδιακών γραμμών διασύνδεσης μεταξύ ΥΣ (στο βρόχο) καθώς και στις αναχωρήσεις των Μ/Σ διανομής 20/0.4kV.

(Σημ. Με τον όρο “ταχυγειωτής” νοείται διακόπτης γείωσης με ισχυρά ελατήρια και ενισχυμένες επαφές. Αν, παρά τις απαγορευτικές μανδαλώσεις και τις διαδικασίες που πρέπει να ακολουθεί το προσωπικό, κλείσει αυτός υπό τάση, δηλαδή αν γειώσει τις φάσεις, μπορεί να “φτιάξει” και να αντέξει θερμικά (για 1-4s) και δυναμικά ένα πλήρες βραχυκύκλωμα. Αυτή η ανώμαλη κατάσταση μπορεί να συμβεί μόνο αν η γραμμή που γειώνει ο γειωτής τύχει να είναι ενεργοποιημένη ή αν ενεργοποιηθεί, όσο ο γειωτής είναι κλειστός. Τότε αναμένεται να “καθαρίσει” το σφάλμα από τον προπορευόμενο ΑΔ πριν καταστραφεί ο γειωτής. Έτσι προστατεύεται από τόξο (κατά το δυνατό), τόσο το προσωπικό όσο και ο εξοπλισμός.

Οι γειωτές επιτελούν δύο σημαντικές προστασίες. Αφ ενός μηδενίζουν (γειώνουν) πιθανές παραμένουσες dc τάσεις που “αποθηκεύονται” στα καλώδια μεγάλου μήκους λόγω της κατανεμημένης χωρητικότητάς τους ή στα τυλίγματα των Μ/Σ και, αφ ετέρου, διαφυλάσσουν από μία παράτυπη ενεργοποίηση της γραμμής, όπως αναφέρθηκε στην πιο πάνω σημείωση.

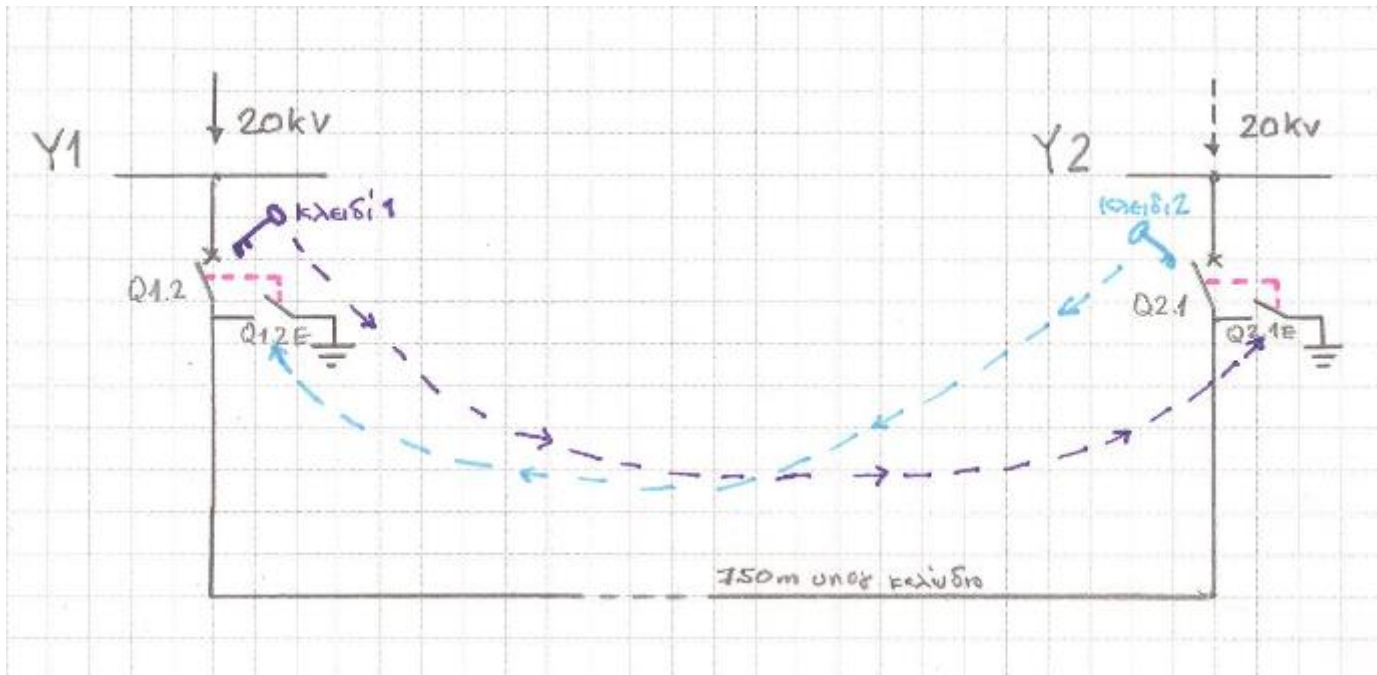
Στις περιπτώσεις τροφοδοσίας ακτινικά όπως πχ των Μ/Σ διανομής των ΥΣ, ο γειωτής μανδαλώνεται μηχανικά με το φορείο του προπορευόμενου συρόμενου ΑΔ. Δηλαδή, ο διακόπτης δεν μπαίνει στη θέση «βυσμάτωση» (όπου μπορεί να κλείσει), αν έχει κλείσει ο γειωτής και ο γειωτής δεν κλείνει αν ο συρόμενος διακόπτης είναι βυσματωμένος στην θέση λειτουργίας του.

Στις περιπτώσεις βρόχου, όπως εν προκειμένω, δεδομένου ότι η τάση μπορεί να βρίσκεται αμφίπλευρα των ΑΔ. (βλ. πίνακα της παρα.1.9), η μανδάλωση ενός γειωτή με τον ΑΔ στην ίδια την κυψέλη του, δεν επαρκεί και θα ήταν επικίνδυνο να είναι η μόνη.

Στην περίπτωση αυτή, για να κλείσει ένας γειωτής, θα έπρεπε να ανοίξουν και οι δύο ΑΔ στα άκρα του καλωδίου οι οποίοι βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση μεταξύ τους, να κλείσουν και οι δύο γειωτές αυτών των ΑΔ και να μη μπορούν μετά να κλείσουν αυτοί οι δύο ΑΔ των άκρων του καλωδίου, όσο ένας ή και οι δύο γειωτές των άκρων του καλωδίου είναι κλειστοί. Για τη μανδάλωση αυτή, αφού απαιτείται ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των αποστασιοποιημένων ΥΣ, θα χρειαζόταν σύστημα επικοινωνίας (πχ με οπτικές ίνες και ηλεκτρονικό εξοπλισμό ή με πολυπολικά καλώδια συμβατικού αυτοματισμού και με βοηθητικά ρελέ ή και ασύρματα). Ένα τέτοιο σύστημα δεν επιλέχθηκε στον παρόν Έργο για απλότητα και οικονομία.

Ωστόσο, αφού αυτή η αλληλομανδάλωση είναι κρίσιμη και απαραίτητη για την ασφάλεια του βρόχου καλωδίων, επιλέχθηκε ένα συνηθιζόμενο σύστημα μανδάλωσης με “έξυπνα κλειδιά” που είναι γνωστό διεθνώς και σαν “Castell Interlock” από την εταιρεία που κυριαρχούσε στις κατασκευές τέτοιων συστημάτων.

Η μανδάλωση με κλειδιά των γειωτών του βρόχου, που θα περιγραφεί παρακάτω, για την αλλαγή κατάστασης βρόχου (δηλ. να ανοίξουν ή να κλείσουν κάποιες διασυνδέσεις), προϋποθέτει κάποιο χρόνο απασχόλησης τεχνικού προσωπικού (πχ τάξης μισής ώρας). Όμως, δεδομένης της σπανιότητας της ανάγκης αλλαγής κατάστασης στο βρόχο, ο χρόνος αυτός κρίθηκε ανεκτός για το Έργο. Η λειτουργία του συστήματος της μανδάλωσης με τα κλειδιά περιγράφεται βάσει του παρακάτω παραδείγματος:



Σχ.15 – Μανδάλωση γειωτών άκρων καλωδίων βρόχου λόγω δυνατότητας αμφίπλευρης τροφοδότησης με 20kV

Το παραπάνω σχήμα δείχνει τη διασύνδεση βρόχου των Y1-Y2. Κατά περίπτωση, η ροή ενέργειας μπορεί να είναι από τον Y1, προς τον Y2 ή αντίθετα. Οι Y1 και Y2 είναι ταυτόχρονα ηλεκτροδοτημένοι και με ανοιχτή αυτή τη διασύνδεση.

Αν επιλεγεί το άνοιγμα του βρόχου να γίνει στην παραπάνω γραμμή Y1-Y2, τότε πρέπει να είναι ανοιχτοί οι Q1.2 και Q2.1 και κλειστοί οι γειωτές τους Q1.2E και Q2.1E.

Κανένας από τους Q1.1-Q2.1 δεν πρέπει να μπορεί να κλείσει, αν δεν ανοίξουν πρώτα και οι δύο γειωτές. Επίσης και αν κάποιος από τους δύο ΑΔ Q1.2 ή Q2.1 είναι κλειστός, κανένας από τους δύο γειωτές δεν πρέπει να μπορεί να κλείσει.

Καθένας από τους ΑΔ Q1.2 και Q2.1 έχει στο σώμα της κυψέλης του από μια ειδική κλειδαριά με “μοναδικά κλειδιά”, «το κλειδί 1» ο Q1.2 και «το κλειδί 2» ο Q2.1. Τα κλειδιά αυτά είναι παγιδευμένα στην κλειδαριά τους, όσο ο αντίστοιχος ΑΔ τους είναι κλειστός. Για να ελευθερωθεί το κάθε κλειδί, ώστε να μπορεί να βγει από την κλειδαριά του, πρέπει ο ΑΔ του

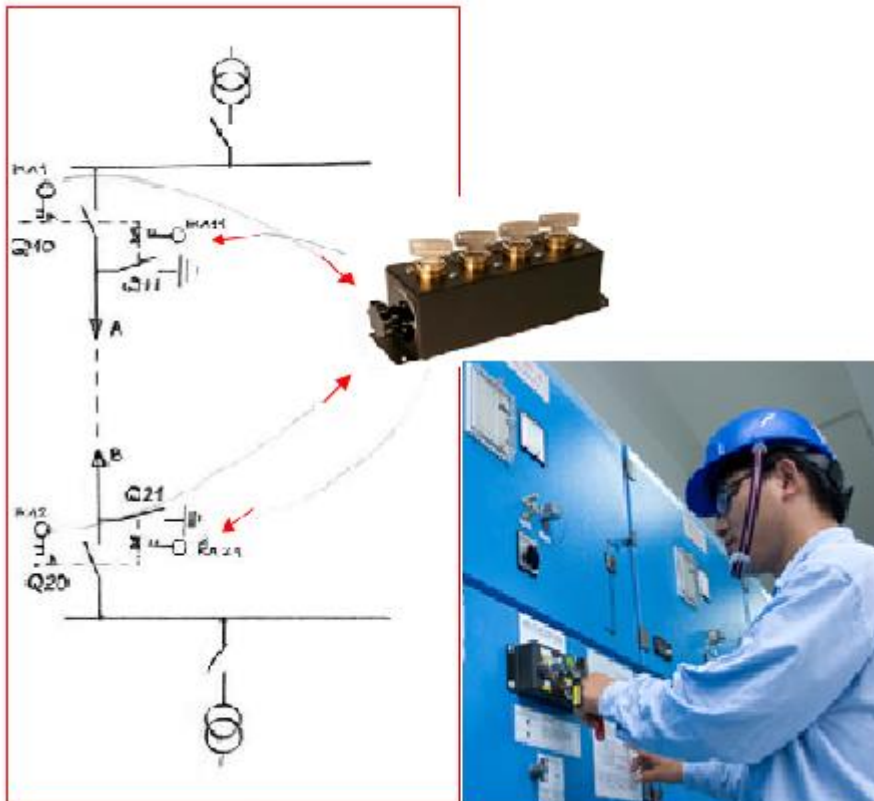
πρώτα να ανοίξει και να συρθεί έξω. Με αφαιρεμένο το κλειδί από την κλειδαριά του, δεν είναι δυνατό να συρθεί μέσα στη θέση «βυσμάτωση» ο ΑΔ ούτε και να κλείσει.

Οι γειωτές Q1.2E και Q2.1E, πέραν της μανδάλωσής τους με τους Q1.2 και Q2.1 αντίστοιχα, χρειάζονται και μια επιπλέον μανδάλωση με το διακοπτικό στοιχείο του κατάντι ΥΣ. Γι' αυτό έχουν και αυτοί μια ειδική κλειδαριά.

Για να κλείσει ένας γειωτής δε φτάνει μόνο ο προπορευόμενος διακόπτης του να είναι ανοιχτός (και αποβισματωμένος), αλλά και να έχει τοποθετηθεί στην κλειδαριά του γειωτή το κλειδί του κατάντι διακόπτη. Μόλις ο γειωτής κλείσει, παγιδεύει το κλειδί αυτό και έτσι δεν μπορεί πρακτικά να ενεργοποιηθεί η γραμμή από τη μια ή την άλλη άκρη της, αφού και οι δύο διακόπτες είναι αποβυσματωμένοι σε απαγόρευση κλεισίματος.



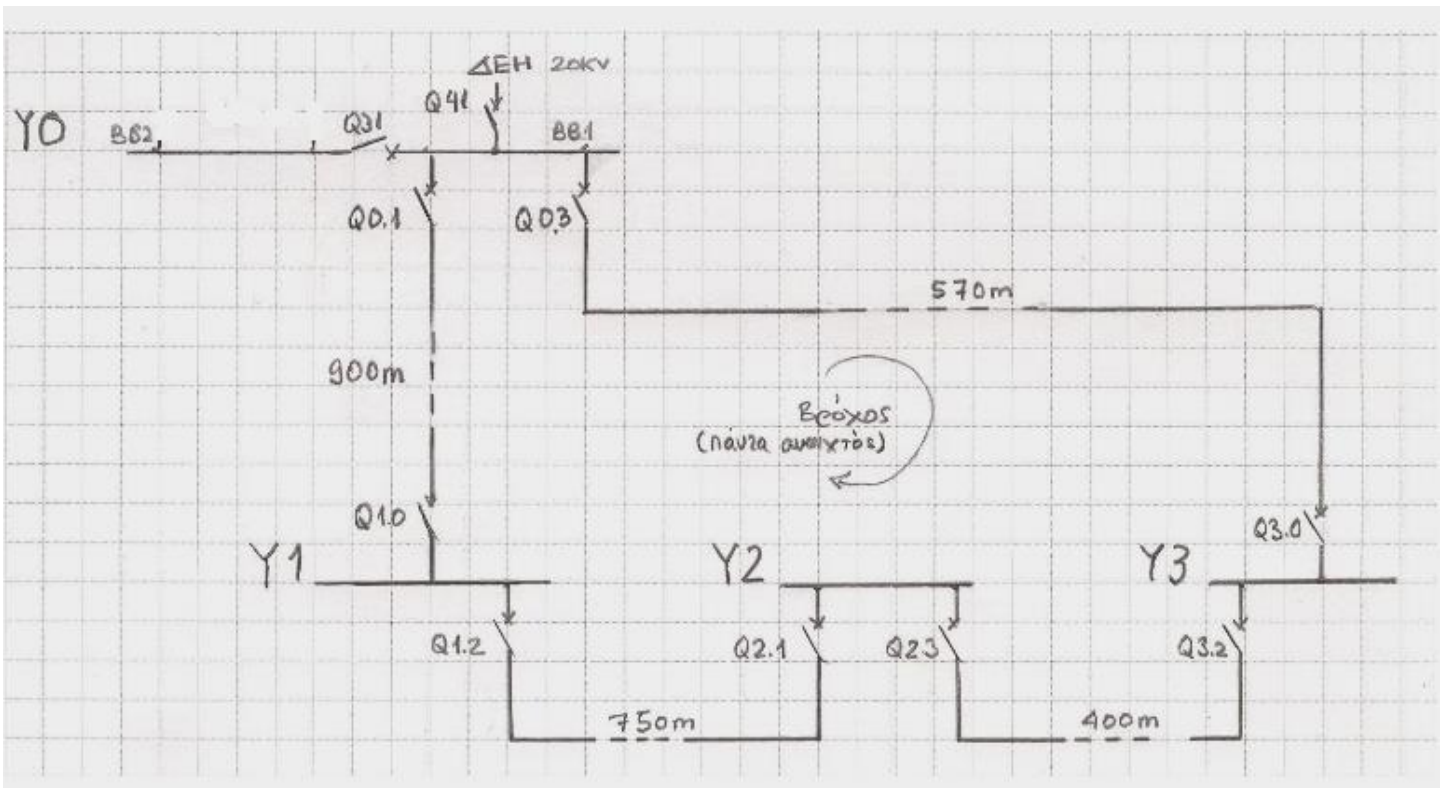
Φώτο4α Ασφάλιση με παγιδευμένα κλειδιά



Φώτο4β Παράδειγμα ασφάλισης βρόχου με παγιδευμένα κλειδιά

1.11 ΔΙΑΣΦΑΛΙΣΗ ΤΟΥ «ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΒΡΟΧΟΥ» ΜΤ

Για την διασφάλιση του «Ανοιχτού Βρόχου», δηλαδή για τον αποκλεισμό της αναφερθείσας μη επιτρεπτής συνθήκης να είναι κλειστοί όλοι ΑΔ των καλωδίων του βρόχου προβλέπεται επιπρόσθετο σύστημα μανδαλώσεων μεταξύ των ΥΣ, με τη βοήθεια ανάλογων “έξυπνων κλειδιών”.



Σχ.16 - Ενεργειακός ανοιχτός βρόχος τροφοδοσίας ΥΣ

Για να κλείσει ο κάθε ΑΔ από τους παραπάνω σημειούμενους απαιτείται ένα δεύτερο κλειδί το οποίο πρέπει να έχει τοποθετηθεί σε κλειδαριά που βρίσκεται στην κυψέλη του ΑΔ.

Όσο ο αντίστοιχος ΑΔ είναι κλειστός το κλειδί αυτό μένει παγιδευμένο, δηλαδή δεν βγαίνει από την κλειδαριά του.

Όταν ανοίξει ο ΑΔ μπορεί να βγει το κλειδί, αλλά τότε, με βγαλμένο κλειδί, δεν μπορεί να κλείσει ο ΑΔ.

Έχουμε δύο τύπους κλειδιών: “Α” και “Β” και διαθέτουμε μόνο τρία ζεύγη κλειδιών Α-Β. Οι μισοί ΑΔ (Q0.1, Q2.3, Q0.3), δηλαδή ένας από κάθε ζεύγος στα άκρα των καλωδιακών γραμμών δέχονται κλειδιά “Α” και οι άλλοι μισοί τύπου “Β”.

Έτσι, αφού μας λείπει ένα ζεύγος κλειδιών Α-Β, μια από τις 4 διασυνδετήριες γραμμές του βρόχου αναγκαστικά δεν μπορεί ποτέ να κλείσει.

1.12 ΓΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΚΥΨΕΛΩΝ ΤΩΝ ΗΖ ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΟΜΗΣ ΖΥΓΩΝ ΜΤ

Στο μονογραμμικό του σχ.4 βλέπουμε ότι οι ΑΔ Q11, Q21, Q31 και Q41 δε διαθέτουν γειωτές.

Αυτοί οι ΑΔ μπορούν να έχουν τάση είτε μόνο στην επάνω πλευρά τους (είσοδος) είτε μόνο στην κάτω (έξοδος) είτε και αμφίπλευρα, πάνω και κάτω. Συνεπώς η ύπαρξη γειωτών θα ήταν επικίνδυνη και θα επέβαλε πολύπλοκα συστήματα επιτήρησης και μανδαλώσεων, αφού στην περίπτωση αυτή δεν είναι εφικτή η μανδάλωση με κλειδιά, επειδή οι εν λόγω ΑΔ ανοιγοκλείνουν αυτόματα και σχετικά συχνά, όποτε έχουμε διακοπή ΔΕΗ. (Αντίθετα οι ΑΔ των διασυνδετήριων γραμμών του βρόχου που μανδαλώνονται με κλειδιά, όπως προαναφέρθηκε, ανοίγουν και κλείνουν πολύ σπάνια κατά την αλλαγή της ανοιχτής διασύνδεσης βρόχου, όταν υπάρξει βλάβη ή πχ δύο φορές τον χρόνο για «ανακούφιση» των γραμμών).

Για το λόγο αυτό, κατά πάγια τακτική σε τέτοιες περιπτώσεις, όπου δεν προβλέπεται γειωτής, κατά τις εργασίες συντήρησης, η γείωση – βραχυκύκλωση γίνεται με το ειδικό “μπαστούνι” και αρματούρα (χταπόδι) μετά τους σχετικούς ελέγχους και διασφαλίσεις μη τροφοδότησης (lockout – tagout).

Η εργασία αυτή, κατά το Νόμο, γίνεται μόνο από αδειούχους ηλεκτρολόγους υπό επιτήρηση μηχανικού και απαιτεί μεγάλη προσοχή.

Ωστόσο και εδώ μια μανδάλωση με “έξυπνα κλειδιά” μπορεί να αυξήσει σημαντικά την ασφάλεια (safety immunity).

Κάθε Μ/Σ ανύψωσης (T10 – T20) βρίσκεται μέσα σε ειδικό “κελί”, του οποίου η πόρτα εισόδου ελευθερώνεται μόνο με μια ειδική κλειδαριά.

Για να ανοίξει η πόρτα του κελιού πρέπει να δεχθεί ταυτόχρονα δύο μοναδικά κλειδιά.



Φώτο5 “Τύπος Castell Interlock”

Αν η κλειδαριά ανοίξει, τα κλειδιά αυτά παγιδεύονται και δεν βγαίνουν μέχρι η κλειδαριά να ξανακλειδώσει με την πόρτα σε κλειστή θέση. Οι δύο ΑΔ ΧΤ και ΜΤ του κάθε ΗΖ Q10 – Q11 και Q20 – Q21 (σχ.4) έχουν ο καθένας τους επίσης από μια ειδική κλειδαριά. Τα κλειδιά αυτών των κλειδαριών είναι τα ίδια σε ζεύγη (Q10 – Q11 και Q20 – Q21) που χρειάζονται για να ανοίξει η πόρτα του αντίστοιχου Μ/Σ . Τα κλειδιά αυτά είναι παγιδευμένα στους ΑΔ, όσο αυτοί είναι κλειστοί. Για να βγουν τα κλειδιά πρέπει να ανοίξουν πρώτα οι ΑΔ. Όμως με βγαλμένα τα κλειδιά οι ΑΔ δεν κλείνουν.

Έτσι διασφαλίζεται η κατά το δυνατόν ακίνδυνη προσέγγιση στους Μ/Σ ανύψωσης T10 και T20 και η γείωση των άκρων τους με «μπαστούνι-αρματούρα» αφού βέβαια ελεγχθούν με ειδικό δοκιμαστικό τάσης.

Τέλος οι ΑΔ τομής Q31 και εισόδου ΔΕΗ Q41, που δεν έχουν δυνατότητα γείωσης με διακόπτη γείωσης, πρακτικά δεν απαιτούν διαδικασία γείωσης, τουλάχιστον για εκφόρτιση παραμένουσας τάσης κατά τη συντήρηση. Ωστόσο η σύνδεση αρματούρας γείωσης πρέπει να εφαρμόζεται και σ’ αυτούς για λόγους ασφάλειας κατόπιν ειδικών διαδικασιών προφύλαξης (πχ κλείδωμα του διακόπτη του ΥΣ της ΔΕΗ στη θέση “Ανοιχτός” και δοκιμή ύπαρξης τάσης) και από προσωπικό με τα ικανά και αναγκαία τυπικά και ουσιαστικά προσόντα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ -2-

ΠΡΟΤΑΣΗ ΕΦΕΔΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι Μ/Σ διανομής 400, 1000, 800 και 800kVA των ΥΣ Υ0, Υ1, Υ2, και Υ3 έχουν διαστασιολογηθεί από τον περίπου στο 110% των πρακτικά αναμενόμενων μέγιστων συνδυασμών φορτίων (όχι του ολικού αθροίσματος των συνδεδεμένων!). Έτσι θα μπορούν να καλυφθούν, κατά πάσα πιθανότητα, και κάποιες μελλοντικές μικρές επεκτάσεις της ξενοδοχειακής μονάδας.

Το άθροισμα των φαινόμενων ισχύων των παραπάνω Μ/Σ διανομής είναι 3000kVA. Συνεπώς, αφορά πραγματικά – υπαρκτά φορτία τάξης $\frac{3000}{1,1} = 2727\text{kVA}$ που αντιστοιχούν σε ενεργό ισχύ της τάξης των 2500kW, με συντελεστή ισχύος τάξης 0,9, δεδομένης της εγκατάστασης συστοιχιών πυκνωτών αντιστάθμισης αέργου ισχύος στους κύριους πίνακες ΧΤ όλων των ΥΣ, με στόχο ρύθμισης το 0,95.

Εφόσον λειτουργούν παράλληλα τα δύο ΗΖ των 1000kVA, αυτά μπορούν να καλύψουν περίπου το 73% της ισχύος των Μ/Σ, την οποία αυτοί αποδίδουν υπό κανονικές συνθήκες [$(\frac{1000+1000}{2727}) \cdot 100 = 73,3\%$]. Αυτό σημαίνει ότι, όταν χάνεται η τάση ΔΕΗ, ενδέχεται – με μικρές πιθανότητες – τα δύο ΗΖ μαζί να μην μπορούν να καλύψουν πλήρως όλη τη ζητούμενη από τα φορτία ενέργεια.

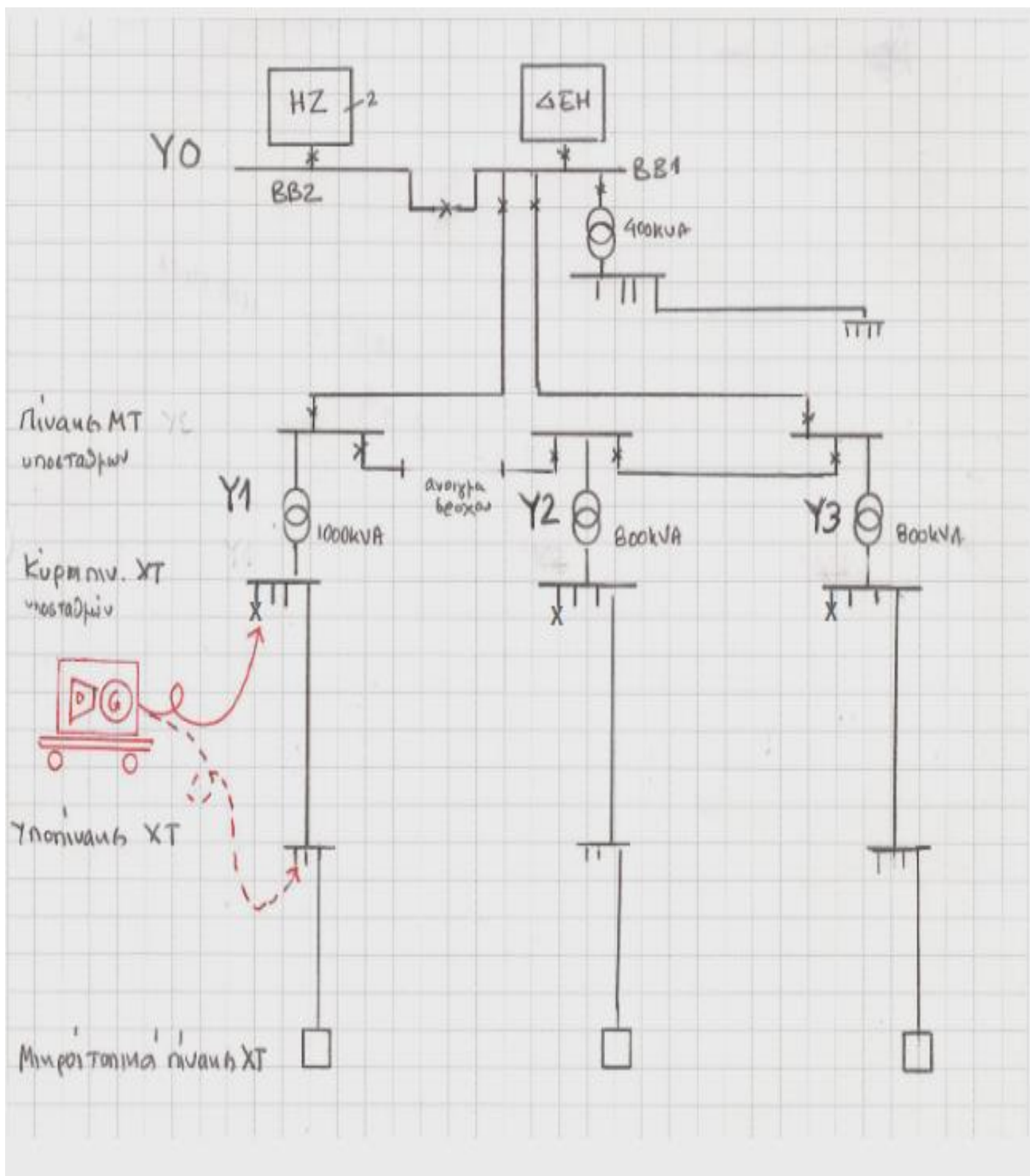
Η περίπτωση της βλάβης ενός από τους Μ/Σ διανομής των Υ0, Υ1, Υ2, Υ3 δεν καλείπτεται από το βρόχο ΜΤ και από τα ΗΖ του Υ0. Για αυτή την περίπτωση προτείνεται η εξής λύση για τη διασφάλιση της ενέργειας.

α). Διατηρείται ένας εφεδρικός Μ/Σ ισχύος 800kVA ο οποίος σε χρόνο τάξης μερικών ωρών μπορεί να αντικαταστήσει τους Μ/Σ διανομής των Υ0, Υ1, Υ2, Υ3 (400, 1000, 800, 800kVA αντίστοιχα). Στην περίπτωση του Μ/Σ 1000kVA του Υ1, ίσως απαιτηθεί τότε κάποιος αποκλεισμός μη κρίσιμων φορτίων. Οποσδήποτε, στην περίπτωση του ΑΔ Q51 θα χρειαστεί

και αλλαγή του λόγου του Μ/Σ έντασης, αφού στη θέση του Μ/Σ 400kVA θα μπει διπλάσιας ισχύος Μ/Σ 800kVA.

Το τελευταίο είναι απλή διαδικασία , δεδομένου ότι οι Μ/Σ έντασης διατίθενται με διπλό λόγο 11/5Α και 211/5Α, πχ για τον Q51 20/5Α&40/5Α.

β). Οι κύριοι πίνακες και οι σημαντικοί υποπίνακες μπορούν, αν χρειαστεί, να τροφοδοτηθούν προσωρινά από ένα σχετικά μικρό-κινητό ΗΖ, τάξης 200kVA που βρίσκεται πάνω σε «τρέιλερ» και μπορεί να μεταφερθεί άμεσα και να συνδεθεί με ευκολία μέσω τριών εφεδρικών ΑΔ που προβλέπονται στις διανομές ΧΤ(σχ.17)



Σχ.17 – Δυνατότητα σύνδεσης τοπικού - φορητού HZ στους ΥΣ Y1, Y2, Y3 σε περίπτωση βλάβης τοπικού Μ/Σ

2.1.1 ΟΙ ΑΥΤΟΜΑΤΟΙ ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ (XT) ΤΩΝ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Οι ΑΔ XT Q10 και Q20 των ΗΖ έχουν ονομαστική ένταση 1600Α που προκύπτει από την ισχύ των γεννητριών που δίνουν ομομαστικό ρεύμα I_G :

$$I_G = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 400} = 1443\text{A}$$

Οι ΑΔ αυτοί είναι επίσης συρομένου τύπου. Έχουν ενσωματωμένη προστασία βραχυκυκλώματος και υπερέντασης μικρής καθυστέρησης καθώς και εξωτερική (με ξεχωριστό ηλεκτρονόμο) προστασία υπερφόρτισης μεγάλου χρόνου καθώς και προστασία αναστροφής ροής ενέργειας.

Η τελευταία είναι απαραίτητη διότι, αν από κάποιο σφάλμα όπως πχ του ρυθμιστή (governor) μιας παραλληλισμένης γεννήτριας ή από κάποιο άλλο μηχανολογικό πρόβλημα της ντηζελομηχανής, αυτή χάσει στροφές, μπορεί να οδηγηθεί ισχυρό ρεύμα ανάστροφα μέσα από τον Μ/Σ ανύψωσης προς μία γεννήτρια από την άλλη. Αυτό θα προσπαθήσει να "φρενάρει" την γεννήτρια που απορροφά ανάστροφο ρεύμα και θα της δώσει συμπεριφορά κινητήρα. Η ανωμαλία αυτή μπορεί να έχει πολύ καταστροφικές συνέπειες, τόσο για τη γεννήτρια, όσο και τη μηχανή της, λόγω ισχυρών μηχανικών σοκ και υπερθερμάνσεων.

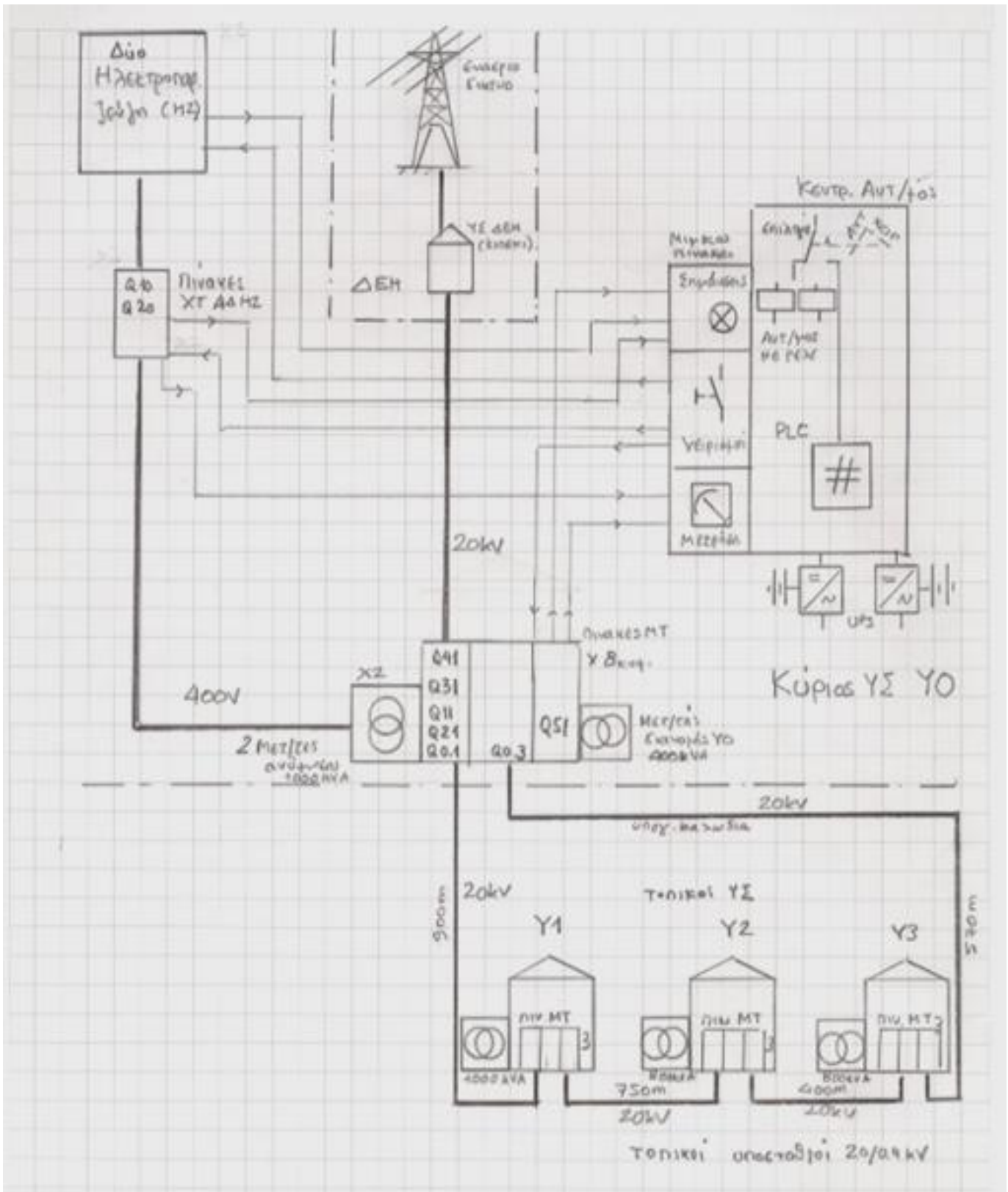
Η προστασία ανάστροφης ροής ενέργειας καλείται να προφυλάξει από τέτοια περίπτωση.

Το επίπεδο απόκρισης της προστασίας ανάστροφης ενέργειας ρυθμίζεται στον ηλεκτρονόμο συνήθως σε τετράχρονα ΗΖ σε 8-15% της ονομαστικής ισχύος τους για να δώσει εντολή απόξευξης σε χρόνο τάξης 4-5sec.

Τα επίπεδα ρύθμισης των προστασιών των γεννητριών έναντι βραχυκυκλώματος, μεγάλης υπερφόρτισης (με μικρή καθυστέρηση / short time delay, overcurrent) και μικρής υπερφόρτισης μεγάλου χρόνου (long time delay, overcurrent) υπολογίζονται στην παρα.2.4.

Τα κυκλωματικά διαγράμματα των ΑΔ ΧΤ είναι όπως στα σχ.7-8 με εξαίρεση τους γειωτές και τους χωρητικούς καταμεριστές τάσης που δεν υπάρχουν στη ΧΤ.

Οι ΑΔ ΧΤ, όπως προαναφέρθηκε έχουν οι ίδιοι ενσωματωμένη προστασία I>I>>άρα περιλαμβάνουν στο σώμα τους και τους κατάλληλους Μ/Σ μέτρησης για την προστασία.



Σχ.3 – Λειτουργικό διάγραμμα του ενεργειακού συστήματος MT

2.1.2 ΜΑΝΔΑΛΩΣΕΙΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΤΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΩΝ ΔΙΑΚΟΠΤΩΝ ΤΟΥ ΚΥΡΙΟΥ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ

Οι ΑΔ ΜΤ των ζυγών ΒΒ1 και ΒΒ2 Q11, Q21, Q31, Q41 καθώς και οι ΑΔ ΧΤ των ΗΖ Q10 και Q20 ελέγχονται από μια σειρά πολύ σημαντικών μανδαλώσεων ασφαλείας που πραγματοποιούνται μέσω των πηνίων έλλειψης τάσης (παρα.7) οδηγούμενα από την τάση αυτοματισμού 24Vdc. Η ηλεκτρική μανδάλωση ενός ΑΔ με πηνίο έλλειψης τάσης είναι η ασφαλέστερη χρησιμοποιούμενη στις κρίσιμες μανδαλώσεις, διότι, όσο το πηνίο έλλειψης τάσης είναι διεγερμένο δεν μπορεί να κλείσει ο ΑΔ, ούτε με τον χειρομοχλό του. Αντίθετα, αν για μανδάλωση ενός ΑΔ χρησιμοποιηθεί ο αποκλεισμός τροφοδοσίας του ηλεκτρομαγνήτη "κλείσε", μέσω μιας επαφής NC, αυτό δεν θα απέκλειε το χειροκίνητο κλείσιμό του. Εξάλλου μια διακοπή στη βοηθητική τάση θα καταργούσε αυτή τη μανδάλωση. Αντίθετα, η διακοπή της βοηθητικής τάσης προκαλεί για ασφάλεια και το άνοιγμα του ΑΔ που εξοπλίζεται με πηνίο έλλειψης τάσης. Ωστόσο, λόγω των διπλών UPS για τη βοηθητική τάση, κάτι τέτοιο είναι ελάχιστα πιθανό.

Προβλέπονται οι εξής μανδαλώσεις:

1) Αλληλομανδάλωση λειτουργίας ΗΖ - ΔΕΗ (βλ. σχ.4)

α). Όταν κλείσει ο Q41 (ΑΔ εισόδου ΔΕΗ) να μην κλείνει ο Q31 (ΑΔ τομής ζυγών καταναλωτών ΒΒ1 προς ζυγούς ΗΖ ΒΒ2).

β). Ο ΑΔ Q41 (ΑΔ εισόδου ΔΕΗ) να μην κλείνει αν δεν έχει τάση η ΔΕΗ στην είσοδο των ζυγών ΒΒ2, επιβεβαιωμένα από τον ανιχνευτή τάσης (ηλεκτρονόμο) που συνδέεται στους Μ/Σ τάσης εισόδου T41.1-3.

γ). Ο ΑΔ Q31 (ΑΔ τομής ζυγών) να μη κλείνει, αν δεν έχουν ηλεκτροδοτηθεί από το ένα ή και από τα δύο ΗΖ οι ζυγοί ΒΒ2, επιβεβαιωμένα μέσω ηλεκτρονόμου - ανιχνευτή τάσης που συνδέεται στους Μ/Σ τάσης Τ31.1-3 των ζυγών ΒΒ2.

δ). Να μη κλείνει ο Q31 (ΑΔ τομής ζυγών) όταν είναι κλειστός ο ΑΔ Q41 (είσοδος ΔΕΗ)

2)Αλληλομανδάλωση ΑΔ ΜΤ - ΧΤ των ΗΖ

α). Να μη κλείνει ο ΑΔ ΧΤ (Q10/Q20) του κάθε ΗΖ, αν αυτό δε λειτουργεί κανονικά (αν δεν παράγει την ορθή τάση και συχνότητα).

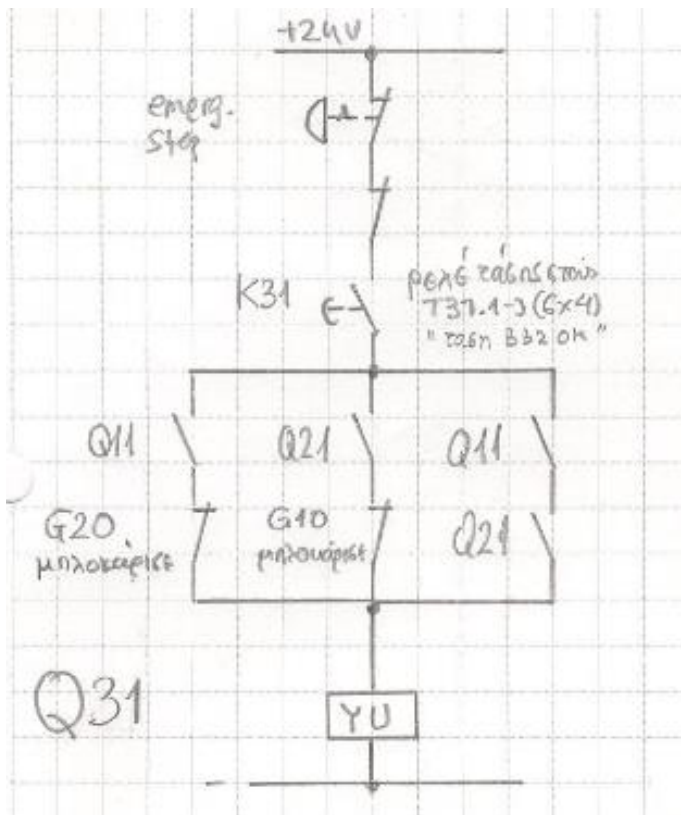
β). Αν το ΗΖ σταματήσει να ανοίγει ακαριαία και ο ΑΔ ΧΤ του (Q10/Q20).

γ). Να μη κλείνει ο ΑΔ (Q11, Q21) ΜΤ του Μ/Σ ανύψωσης του ΗΖ αν δεν κλείσει πρώτα ο αντίστοιχος ΑΔ ΧΤ του ΗΖ (Q10/Q20).

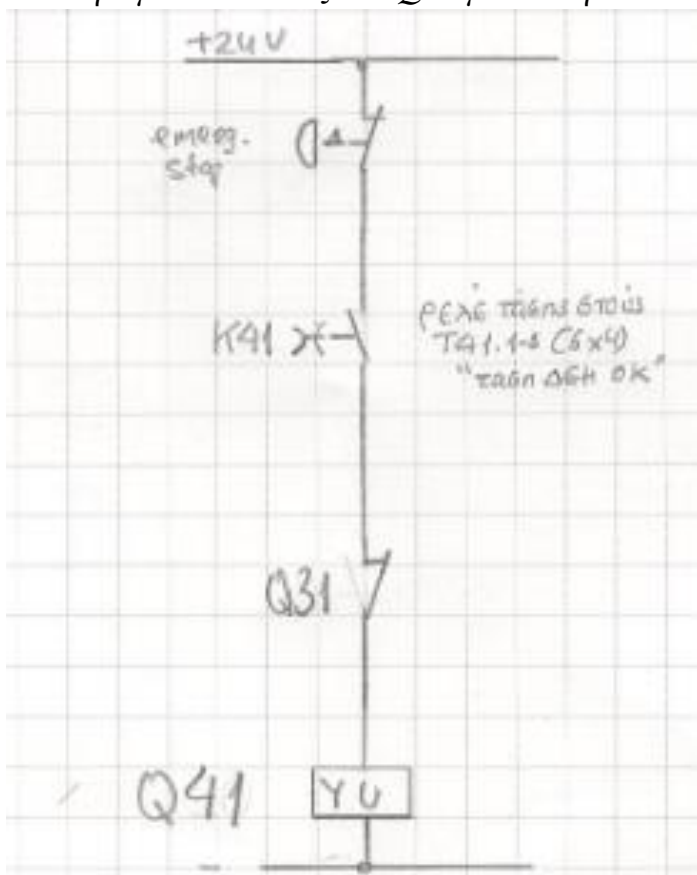
δ). Αν ανοίξει ο ΑΔ ΧΤ του ΗΖ (Q10/Q20) να ανοίξει άμεσα και ο αντίστοιχος ΑΔ ΜΤ (Q11/Q21).

ζ). Αν το ένα μόνο ΗΖ έχει κλειστούς τους ΑΔ ΧΤ και ΜΤ (πχ Q10 και Q11 ή Q20 και Q21), δηλαδή αν ένα μόνο ΗΖ τροφοδοτεί τους ζυγούς ΒΒ2, να μη μπορεί να κλείσει ο ΑΔ ΜΤ Q11 ή Q21 του άλλου ΗΖ, εκτός αν η συσκευή ρύθμισης - επιτήρησης συγχρονισμού (synchrocheck) δώσει, με κλείσιμο μιας ΝΟ επαφής της, την πληροφορία ότι συντρέχουν συνθήκες συγχρονισμού. (ταυτότητα τάσεων, συχνοτήτων και γωνίας των δύο ΗΖ).

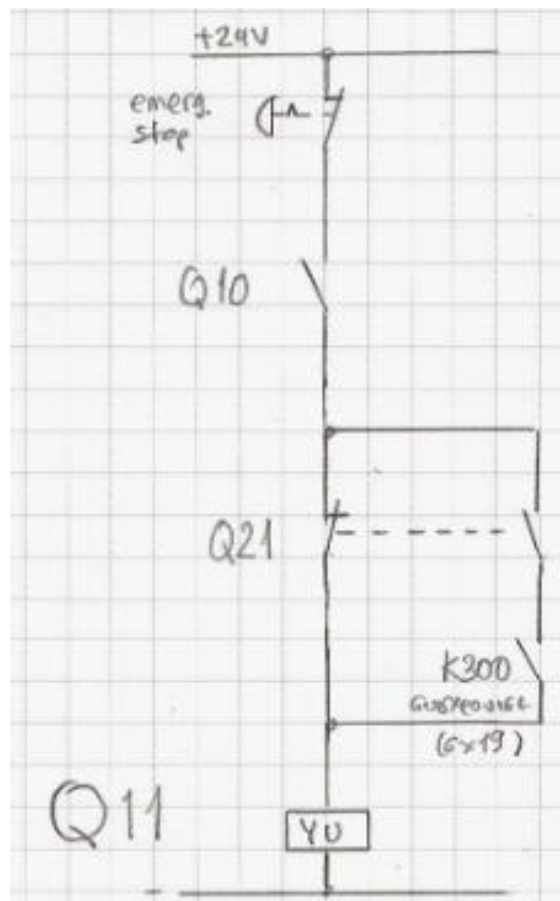
Οι μανδαλώσεις αυτές δείχνονται στα σχ.11 a-f



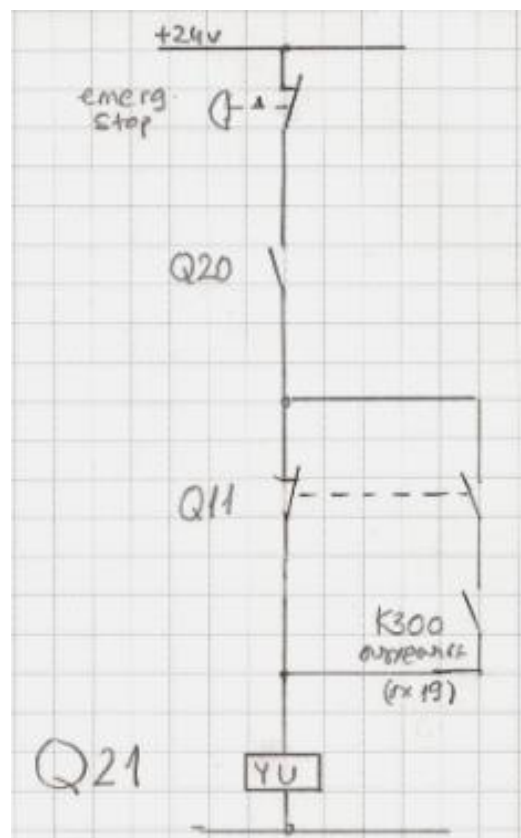
Σχ.11α – Αλληλομανδάλώσεις ΑΔ Q31 μέσω πηνίων έλλειψης τάσης(YU)



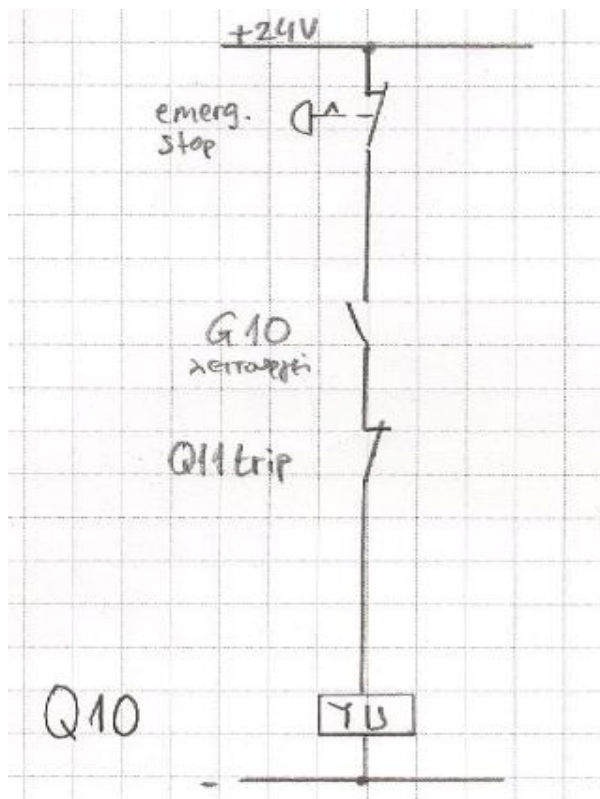
Σχ.11b- Αλληλομανδάλώσεις ΑΔ Q41 μέσω πηνίων έλλειψης τάσης(YU)



Σχ.11c- Αλληλομανδαλώσεις ΑΔ Q11 μέσω πηνίων έλλειψης τάσης(YU)



Σχ.11d- Αλληλομανδαλώσεις ΑΔ Q21 μέσω πηνίων έλλειψης τάσης(YU)



Σχ.11e- Αλληλομανδαλώσεις ΑΔ Q10 μέσω πηνίων έλλειψης τάσης(YU)



Σχ.11f- Αλληλομανδαλώσεις ΑΔ Q20 μέσω πηνίων έλλειψης τάσης(YU)

3)Κλιμακωτή ζεύξη ΑΔ ΜΤ προς τα φορτία

Αν κλείσουμε τον ΑΔ εισόδου ΔΕΗ Q41 ενώ όλοι οι Μ/Σ διανομής των ΥΣ αθροιστικής ισχύος 3000kVA, είναι συνδεδεμένοι στους ζυγούς ΜΤ τους, τότε η ταυτόχρονη μαγνήτιση των πυρήνων όλων των Μ/Σ είναι πιθανόν να προκαλέσει ένα ρεύμα αυξημένο, ίσως και πολλαπλάσιο του συνολικού ονομαστικού των 86.6Α (παρα.1.6). Η διάρκεια αυτού του "ρεύματος ζεύξης" (inrush), μπορεί να ξεπεράσει και τις 15 περιόδους ($20\text{ms} \cdot 15 = 300\text{ms}$). Το ρεύμα αυτό μπορεί να προκαλέσει ανεπιθύμητες αποζεύξεις (trip) του ΑΔ εισόδου Q41 ή των ΑΔ ΧΤ/ΜΤ των ΗΖ αν η τροφοδοσία γίνεται μέσα από αυτούς. Για τον λόγο αυτό, κάθε φορά που γίνεται μετάβαση από ΔΕΗ σε ΗΖ και αντίστροφα, θα ανοίγουν πρώτα οι διακόπτες καλωδιακών γραμμών προς τους ΥΣ Y1, Y2, Y3 (αντίστοιχα Q0.1 - Q0.3) και ο Q51 και μετά τη μεταγωγή της πηγής 20kV θα κλείνουν, αμέσως ο Q51 και με καθυστέρηση ανά 1-2sec οι Q0.1 και Q0.3.

Οι ΑΔ εισόδου - εξόδου των Τοπικών ΥΣ Y1, Y2, Y3, έχουν ειδικές μανδαλώσεις για τη διατήρηση πάντοτε ανοιχτού του βρόχου τροφοδοσίας ΜΤ (παρα.1.10,1.11). Επίσης ειδικές μανδαλώσεις προβλέπονται για τους διακόπτες γείωσης των ΑΔ ΜΤ που συμμετέχουν στον βρόχο ΜΤ (παρα.1.10), λόγω της ιδιαιτερότητας της αμφίπλευρης δυνατότητας τροφοδότησης των καλωδιακών διασυνδέσεων ΥΣ.

2.2 ΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΑ ΖΕΥΓΗ ΤΟΥ Υ0

Οι ηλεκτρογεννήτριες του Κεντρικού Υποσταθμού Υ0 είναι δύο τυποποιημένα πανομοιότυπα τριφασικά ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη (HZ) χαμηλής τάσης 400V, 3Φ, 50Hz, 1000kVA.

Τα HZ έχουν τετράχρορες μηχανές “diesel” και τετραπολικές ηλεκτρογεννήτριες 1500rpm.

Οι ηλεκτρογεννήτριες είναι σύγχρονες. Συνεπώς απαιτούν για τον παραλληλισμό μεταξύ τους τη διασφάλιση των αναγκαίων συνθηκών ίδιας τάσης ($\pm < 10\%$), ίδιας συχνότητας ($< 0.1\text{Hz}$) και ελάχιστη διαφορά φάσης ($< 5^\circ$) μεταξύ των δύο ημιτονικών τάσεων που παράγει η κάθε μια.

(Σημείωση: Η μέθοδος χρήσης Μ/Σ ανύψωσης είναι η συστηματικά εφαρμοζόμενη στους ντηζελοσταθμούς παραγωγής της ΔΕΗ, οι οποίοι έχουν γεννήτριες εξόδου τάξης 3kV, χρησιμοποιούν όμως Μ/Σ ανύψωσης για τις υψηλότερες τάσεις μεταφοράς 20/150/220/400kV που εφαρμόζουν).

Οι γεννήτριες του Έργου πρέπει να είναι ικανές να αναλάβουν το πλήρες φορτίο τους σε μία βαθμίδα φόρτισης (εφ άπαξ) και να επιδέχονται εκ κατασκευής τον παραλληλισμό μεταξύ τους. Γι' αυτό συνήθως εφαρμόζεται ένας σχετικά βαρύτερος στρόφαλος, ώστε να υπερνικά η αδράνειά του τις απότομες μεταβολές φορτίου.

Οι γεννήτριες πρέπει να είναι κατάλληλες για λειτουργία σε “droop mode” δηλαδή να ισομοιράζουν αυτόματα τα ενεργά και άεργα φορτία τους.

Για τη λειτουργία σε παραλληλισμό απαιτείται οι ντηζελομηχανές να διαθέτουν τον κατάλληλο αυτόματο ρυθμιστή (governor) δύο βαθμίδων με σερβοκινητήρα για την ταχεία και

ακριβή ρύθμιση τάσης και συχνότητας κατ' επιλογήν αυτόματα ή και με εξωτερική οδήγηση μέσω παλμών (από ΝΟ επαφές που ανοιγοκλείνουν).

Ο ρυθμιστής, ως ένα κλειστό σύστημα αυτόματου ελέγχου PID, με την πρώτη βαθμίδα του, ρυθμίζει μέσω σερβοκινητήρα τα καύσιμα για τον έλεγχο των στροφών της νηζελομηχανής και με τη δεύτερη βαθμίδα του το ρεύμα του ρότορα της γεννήτριας, μέσω ηλεκτρονικού συστήματος, για την επίτευξη της επιθυμητής τάσης.

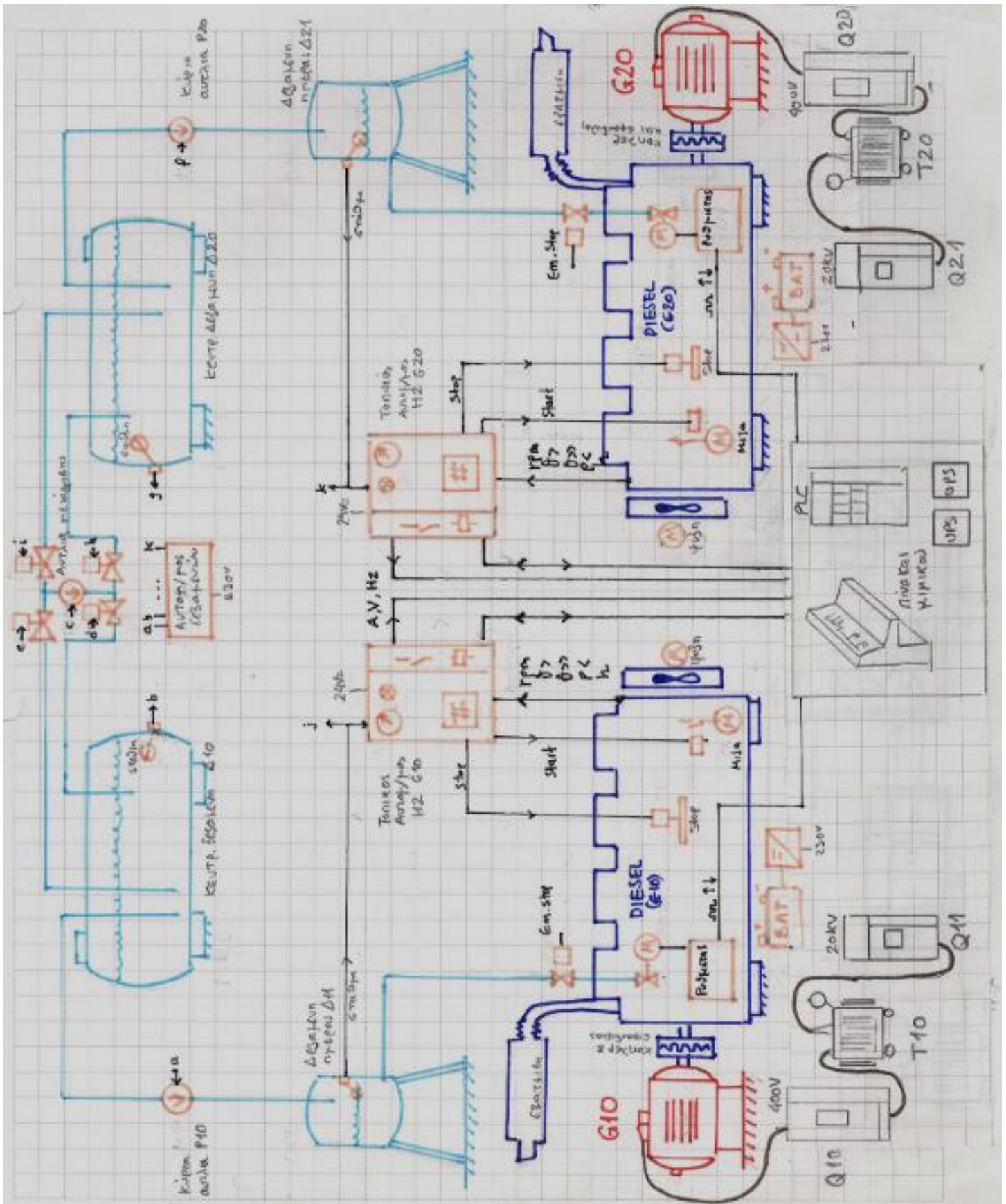
Βέβαια παραλληλισμός των HZ με το δίκτυο δεν προβλέπεται, δεν επιτρέπεται άλλωστε από τη ΔΕΗ.

Οι νηζελομηχανές περιλαμβάνουν όλα τα αναγκαία παρελκόμενά τους για την επί τούτου εποπτεία, τον τηλεχειρισμό και την αυτοματοποίησή τους δηλαδή :

- Μίζα με δυνατότητα τηλεχειρισμού (με τηλεχειριζόμενο ρελέ)
- Συσσωρευτή μίζας (24V) με φορτιστή διαρκούς φόρτισης ηρεμίας από τα 230V ac
- Ηλεκτρομαγνήτη σταματήματος (stop solenoid)
- Δεύτερη εφεδρική ηλεκτροβαλβίδα διακοπής καυσίμου (fuel cut valve)
- Αισθητήριο ταχύτητας (παλμογεννήτρια bero)
- Αισθητήρια πίεσης – θερμοκρασίας (λαδιού – εδράνων – τυλιγμάτων – νερού)
- Τοπικό πίνακα οργάνων – σημάνσεων με :
 - Στροφόμετρο
 - Θερμόμετρο λαδιού - τυλιγμάτων
 - Α-μετρο
 - V-μετρο
 - f-μετρο
 - h-μετρο
 - kW-μετρο
 - cosφ-μετρο

- Μετρητή ποσότητας πετρελαίου
 - Ωρομετρητή λειτουργίας
 - Ρελέ επιτήρησης τάσης που κλείνει μια NO επαφή όταν έχουμε 400V ($\pm 2\%$)/50Hz(± 0.05 Hz) και δίνει σήμα ετοιμότητας ζεύξης στον κεντρικό αυτοματισμό
 - Επιλογικό κλειδοδιακόπτη: “Χειροκίνητη εκκίνηση (τοπικά) – Αυτόματη εκκίνηση (με εντολή από τον Κεντρικό Αυτοματισμό) – Φραγή (Απαγόρευση λειτουργίας)”
 - Μπουτόν Μανιτάρι “Εκτός κινδύνου”
 - Ενδεικτικά LED : “υπερθέρμανση λαδιού”, “υπερθέρμανση νερού”, “πτώση πίεσης λαδιών”, “υπερθέρμανση εδράνων”, “υπερθέρμανση τυλιγμάτων”, «μπλόκαρε».
- Τοπικό αυτοματισμό για την επαναληπτική διαδικασία εκκίνησης και τη διαδικασία “cooldown”

Τα δύο HZ διαθέτουν ξεχωριστές κύριες δεξαμενές πετρελαίου με δυνατότητα επικοινωνίας μεταξύ τους μέσω αντλίας μετάγγισης και τριόδων ηλεκτροβαννών (σχ.18). Κάθε κύρια δεξαμενή, μέσω ξεχωριστής αντλίας και συστήματος διακόπτη στάθμης, γεμίζει αυτόματα ένα μικρό ρεζερβουάρ ολιγόωρης λειτουργίας (λειτουργία ημέρας) στο χώρο του HZ που τροφοδοτεί στη συνέχεια την ντηζελομηχανή.



Σχ.18 – Λειτουργικό διάγραμμα ΗΖ

Ο τοπικός ηλ. πίνακας του κάθε HZ διαθέτει ξεχωριστό σύστημα αυτοματισμού, που δέχεται μια εξωτερική εντολή μέσω NO επαφής από τον Κεντρικό Αυτοματισμό (=KA) και ακολούθως μεταβιβάζει την εντολή αυτή στα συστήματα μίζας, πετρελαίου κλπ της ντηζελομηχανής προκειμένου να εκκινήσει και να παράγει ορθή έξοδο.

Αν η εκκίνηση της μηχανής αστοχήσει μετά από ένα μιζάρισμα, ο τοπικός αυτοματισμός επαναλαμβάνει το μιζάρισμα άλλες 3-4 φορές (όπως προγραμματίζεται). Μόλις η μηχανή ξεκινήσει και η γεννήτρια είναι έτοιμη να πάρει ηλεκτρικό φορτίο, μέσω του ρελέ επιτήρησης τάσης που έχει δίνει στον Κεντρικό Αυτοματισμό το “ελεύθερο” (μέσω NO επαφής) για να προχωρήσει σε άμεση ζεύξη (κλείσιμο των Q10/Q20 και Q11/Q21). Αυτό γίνεται αν οι ζυγοί BB2 είναι ελεύθεροι τάσης, δηλαδή αν είναι ανοιχτός ο ΑΔ τομής Q31.

Αν οι ζυγοί BB2 έχουν ήδη τάση από ένα HZ που έχει ήδη συνδεθεί, η ζεύξη του δεύτερου HZ θα γίνει από τον ΑΔ ΜΤ του (Q11 ή Q21), αφού κλείσει πρώτα ο ΑΔ ΧΤ (Q10 ή Q20) και μόλις η συσκευή συγχρονισμού synchrocheck που «κοιτά» τις τάσεις ΧΤ των δύο γεννητριών διαπιστώσει συνθήκες συγχρονισμού (ΔU , Δf , $\Delta \phi$) και επιτρέψει τη ζεύξη, κλείνοντας μια NO επαφή της.

Κατά τη διαδικασία αυτόματου συγχρονισμού η συσκευή synchrocheck δίνει παλμούς «αύξησε – μείωσε», (μέσω δύο επαφών NO που ανοιγοκλείνουν), προς το ρυθμιστή εκείνης της ντηζελομηχανής που προσπαθεί να συγχρονίσει με το HZ που ήδη έχει συνδεθεί στους ζυγούς BB2. Η ζεύξη του δεύτερου HZ θα επιτραπεί, όταν η συσκευή αυτή «δει» διαφορά τάσεων των HZ $\Delta U < \pm 10\%$, συχνοτήτων $< \pm 0.1 \text{ Hz}$ και γωνίας $< \pm 5^\circ$.

Αν έχει επιλεγεί «Χειροκίνητη Λειτουργία», το synchrocheck δε δίνει τους παλμούς στη μηχανή αλλά απλά την επιτηρεί και επιτρέπει, στην κατάλληλη στιγμή συγχρονισμού, το χειροκίνητο κλείσιμο του εκάστοτε διακόπτη συγχρονισμού (Q11 ή Q21) μέσω του αντίστοιχου μπουτόν “κλείσε” επί του “μιμικού διαγράμματος”. Στην περίπτωση αυτή οι παλμοί «Αύξησε» - «Μείωσε» (στροφές) δίνονται από το χειριστή μέσω των δύο μπουτόν του μιμικού πίνακα (παρα.25).

Αν το HZ αποτύχει να εκκινήσει μετά από τις προκαθορισμένες απόπειρες μιζαρίσματος, ο τοπικός αυτοματισμός του HZ δίνει στον Κεντρικό Αυτοματισμό ένα σήμα (NO επαφή που κλείνει): «Αδυναμία HZ».

Το ίδιο σήμα το δίνει, αν για κάποιο λόγο κατά τη λειτουργία του σταματήσει το HZ. (πχ τέλος καυσίμου, υπερθέρμανση, μπλοκάρισμα πετρελαίου κλπ). Τότε ακαριαία θα ανοίξουν οι δύο διακόπτες, XT και MT, του HZ (Q10/Q11 ή Q20/Q21). Θα γίνει και κάποια απόρριψη φορτίων (παρα.2.5), διότι αν τα φορτία που είχαν τα δύο HZ πριν το σταμάτημα του ενός HZ είναι περισσότερα των 1000VA, το άλλο HZ που παραμένει σε λειτουργία μόνο του θα κινδυνεύει από “τριπάρισμα” λόγω υπερφόρτισης. Ας σημειωθεί ότι τα HZ αντέχουν σε υπερφορτίσεις τάξης μέχρι και 50% για χρόνο μερικών λεπτών.

Αν περάσει κάποιος προγραμματισμένος μέγιστος χρόνος τάξης μερικών λεπτών από τη στιγμή που ξεκίνησε το προς παραλληλισμό HZ και έχει αποτύχει να έρθει σε συνθήκες συγχρονισμού και να παραλληλιστεί, τότε ο KA το θέτει “εκτός λειτουργίας” με σήμα “Αδυναμία Συγχρονισμού”.

Όταν ο KA κρίνει ότι πρέπει να σταματήσουν τα HZ, δηλαδή μετά την επάνοδο της τάσης ΔΕΗ, ανοίγει ο ΑΔ τομής Q31 και κλείνει ο ΑΔ εισόδου ΔΕΗ Q41. Αφού περάσει κάποιος «χρόνος επιφυλακής», τάξης 15min, ο KA δίνει μέσω NO εντολής stop στον τοπικό αυτοματισμό των HZ.

Ακολούθως το κάθε HZ μπαίνει αυτόματα, μέσω του δικού του τοπικού αυτοματισμού, σε διαδικασία “cooldown”, δηλαδή σε ολιγόλεπτη λειτουργία με χαμηλές στροφές και μετά διακόπτει μόνο του τη λειτουργία του.

Ο KA δίνει εντολή εκκίνησης και στα δύο HZ λίγα δευτερόλεπτα, αφού ανιχνεύσει την απουσία 20kV στην είσοδο ΔΕΗ. Η στιγμή εκκίνησης του κάθε HZ είναι τυχαία. Άλλοτε μπορεί να ξεκινά και να δηλώνει ετοιμότητα το G10 και άλλοτε το G20.

Για ελαχιστοποίηση του χρόνου αποκατάστασης της παροχής τάσης και δεδομένου ότι δεν είναι βέβαιο αν και τα δύο HZ θα κατορθώσουν τελικά να εκκινήσουν, το πρώτο τυχαίο HZ που θα ξεκινήσει κλείνει τους ΑΔ ΧΤ και ΜΤ του και εκλαμβάνεται από τον ΚΑ ως “HZ αναφοράς” ή “οδηγός” (master) για να συγχρονίσει βάσει αυτού εκείνο που θα ξεκινήσει δεύτερο (floating reference).

Γι’ αυτό ένα σύστημα συμβατικού αυτοματισμού (με βοηθητικά ρελέ) μέσα στον ΚΑ φροντίζει για την ορθή κατεύθυνση των δειγμάτων τάσης των δύο HZ προς το synchrocheck, των παλμών εξόδου ρύθμισης «Αύξησε» – «Μείωσε» που δίνει το synchrocheck προς το εκάστοτε “δεύτερο” HZ (“follower”) καθώς και του σήματος «ελεύθερη η ζεύξη» προς τον ΑΔ της συγχρονίζουσας γεννήτριας (σχ.19).

Ο ρυθμιστής (governor) του συγχρονιζόμενου HZ προσπαθεί να κάνει την τάση του αυτού του HZ σχεδόν ταυτόσημη με το “HZ αναφοράς” (ως προς U,f,φ) που έχει ήδη συνδεθεί στους ζυγούς BB2.

Η τάση και η συχνότητα των HZ με αξιόπιστους και καλά ρυθμισμένους ρυθμιστές “έρχονται” συνήθως πολύ γρήγορα σε συνθήκες συγχρονισμού. Αν παρατηρήσει κανείς το παλμογράφημα των δύο τάσεων κατά τη διαδικασία συγχρονισμού, βλέπει ότι λόγω μιας φυσιολογικής πολύ μικρής (κατά δέκατα Hz) διαφοράς συχνότητας, η μια ημιτονική τάση “γλιστράει” αργά πάνω στην οθόνη του παλμογράφου σε σχέση με την άλλη. Η καλή στιγμή συγχρονισμού είναι όταν οι δύο ημιτονικές τάσεις συμπέσουν ακριβώς. Αν ο διακόπτης παραλληλισμού (Q11 ή Q21) δεν κλείσει ακριβώς τη στιγμή εκείνη της σύμπτωσης (υπερκάλυψη των δύο ημιτόνων), σε λίγο θα χαθεί η ταυτότητα γωνίας για να βρεθεί και πάλι, μετά από μικρό χρόνο κάποιων δευτερολέπτων.

Για να κλείσει ένας ΑΔ απαιτείται χρόνος τάξης 100ms από την στιγμή της ηλεκτρικής εντολοδότησής του. Ένα βοηθητικό ρελέ που δίνει την εντολή «κλείσε» μπορεί να χρειάζεται άλλα 10ms για να την μεταβιβάσει στον ΑΔ. Αν λοιπόν το synchrocheck έδινε την εντολή ακριβώς κατά τη στιγμή της υπερκάλυψης των δύο ημιτονικών τάσεων, μέχρι να κλείσει ο διακόπτης παραλληλισμού, η ταυτότητα γωνίας των δύο ημιτόνων θα είχε χαθεί. Γι’ αυτό, κατά

πάγια τακτική, τα synchrocheck προγραμματίζονται να δίνουν την εντολή “παραλληλισμός τώρα!” (ή «ελεύθερη η ζεύξη»), όταν μεταξύ των δύο συγκρινόμενων ημιτονικών τάσεων υπάρχει μια μικρή διαφορά, περίπου 5° προπορείας στη γεννήτρια που ακολουθεί (follower), δηλαδή σ’ εκείνη που ρυθμίζεται με αναφορά την ήδη συνδεδεμένη. Έτσι αναμένεται, όταν θα κλείνει ο διακόπτης παραλληλισμού, να έχει έρθει σχεδόν πλήρης υπερκάλυψη των δύο τάσεων.

Τα καλώδια XT προς τους Κύριους Πίνακες Διανομής XT που βρίσκονται στους ΥΣ και παρακάτω από αυτούς εκτός ΥΣ δεν είναι μέσα στις, υποχρεώσεις της παρούσας μελέτης. Όμως τα καλώδια XT των ΗΖ μέχρι τους Μ/Σ ανύψωσης θα υπολογιστούν παρακάτω:

Τα καλώδια XT, από τα ΗΖ μέχρι τις κυψέλες των ΑΔ XT Q10/Q20 και από αυτές μέχρι τους Μ/Σ ανύψωσης T10/T20, έχουν το καθένα μήκος μικρότερο των 15m. Επιλέγονται κατ’ αρχήν βάσει πίνακα κατασκευαστή καλωδίων και ονομαστικού ρεύματος (περ. 1445A) καλώδια χαλκού 4x240mm²/120mm²/φάση . Το κάθε καλώδιο 240mm² αντέχει σε κανονικές συνθήκες (35°C) να άγει 458A. Άρα, η συνολική διατομή ανά φάση των 4x240mm² = 960mm² αντέχει διαρκώς μια φόρτιση 4x458A = 1832A που υπερβαίνει κατά περίπου 400A την ονομαστική ένταση του κάθε ΗΖ. Η διαφορά αυτή καλύπτει με άνεση και θερμοκρασίες τάξης 41°C. (Τα καλώδια αυτά είναι εκτεθειμένα στον αέρα, αλλά βρίσκονται καλυμμένα υπό σκιά).

2.3 Η ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΥ

Η συσκευή ελέγχου συγχρονισμού (synchrocheck – σχ.19) έχει δύο εισόδους 2-φασικών τάσεων (L1,L2) 400V. Η μία είσοδος δέχεται τη τάση της «γεννήτριας αναφοράς», εκείνη δηλαδή που ξεκίνησε πρώτη και συνδέθηκε στους ζυγούς BB2, μέσω του Μ/Σ ανύψωσης τάσης και η άλλη της γεννήτριας που ακολουθεί την πρώτη (συγχρονίζει) (follower).

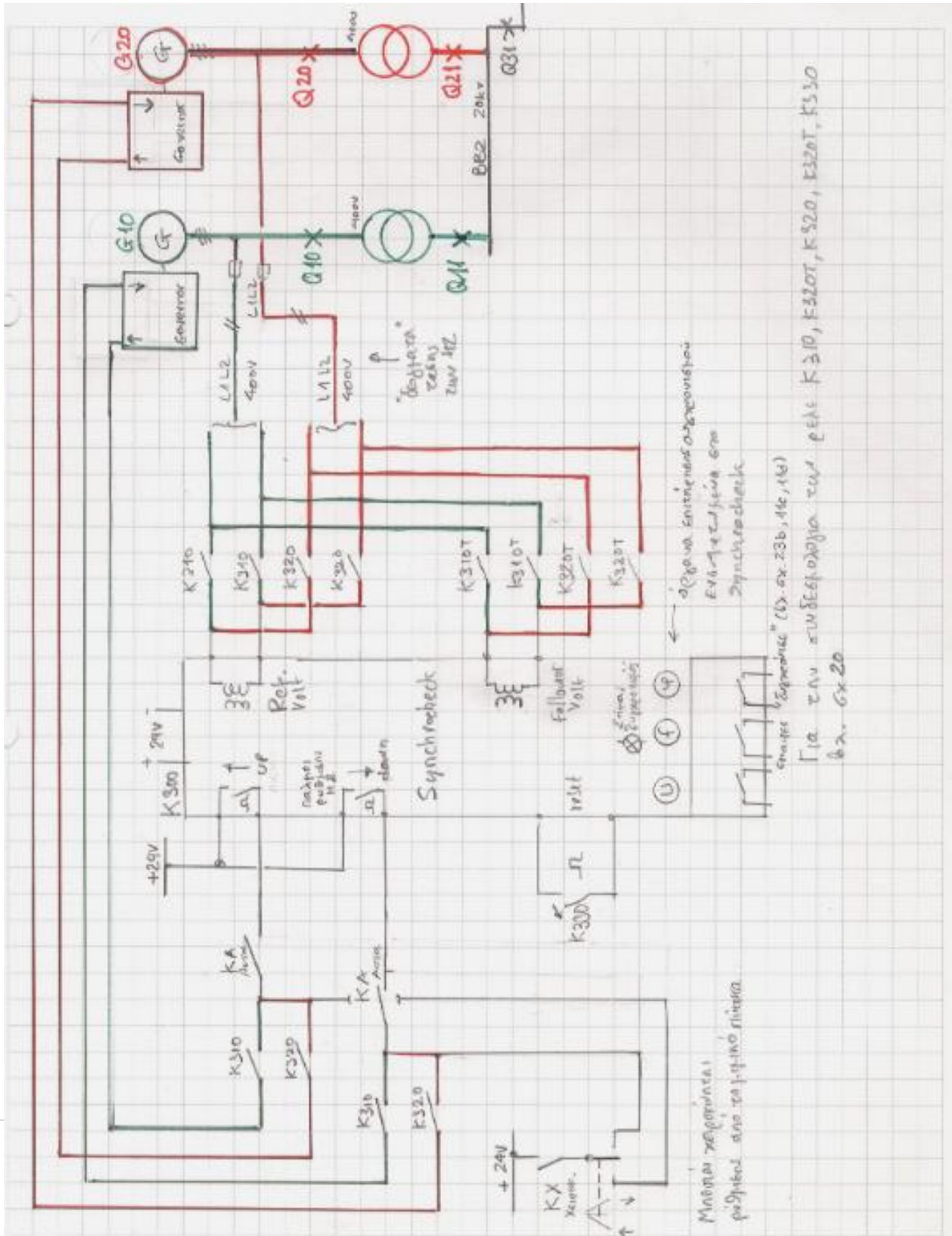
Δεδομένου ότι στην αυτόματη λειτουργία είναι αβέβαιο ποια γεννήτρια θα «δηλώσει ετοιμότητα» πρώτη και θα κλείσει τους διακόπτες XT και MT της (Q10&Q11 ή Q20&Q21), οι είσοδοι 400V του synchrocheck δεν συνδέονται σταθερά προς την τάση εξόδου της μιας ή της άλλης γεννήτριας. Τα συμβατικά κυκλώματα των ρελέ K310, 320T, 320, 310T των σχ.19-20 δείχνουν πως, μέσω επαφών ρελέ και των βοηθητικών επαφών των ΑΔ, κατευθύνονται οι τάσεις των γεννητριών στις εισόδους του synchrocheck, ώστε η πρώτη γεννήτρια να συνδέεται στην είσοδο αναφοράς (Reference Voltage) και η δεύτερη στην είσοδο συγχρονιζόμενης γεννήτριας (Follower Voltage) .

Η σύνδεση στους ζυγούς BB2 ενός HZ που λειτουργεί κανονικά, ορίζεται από το κλείσιμο των δύο ΑΔ του HZ, δηλαδή Q10&Q11 ή Q20&Q21. Μόλις συμβεί μία από τις συνθήκες αυτές, τραβά αμέσως το ρελέ K310 ή το K320, αντίστοιχα (σχ.20). Όταν τραβήξει το ένα από αυτά, αποκλείει το άλλο μέσω των NC επαφών αλληλομανδάλωσης. Το K320T τραβά 1sec μετά το K310 και αντίστοιχα το K310T 1sec μετά το K320.

Αν μπει πρώτα στους ζυγούς BB2 η γεννήτρια G10, τραβά το K310 αποκλείοντας τα K320 και K310T. Τότε η τάση που παράγει η G10 συνδέεται στην είσοδο «Reference Voltage» του synchrocheck μέσω των δύο NO επαφών του K310, και 1sec μετά, η τάση της G20 προς την είσοδο «Follower Voltage» του synchrocheck μέσω των NO επαφών του K320T. Αντίστροφα συνδέονται οι τάσεις των δύο γεννητριών, όταν ξεκινήσει πρώτα η G20 και ακολουθήσει η K10 (σχ.19).

Το χρονικό ρελέ K330 (σχ.19,20) παράγει έναν παλμό 1sec κάθε φορά που τραβά το ρελέ K310 ή το K320 (συνθήκη OR μέσω διόδων). Ο παλμός αυτός απαιτείται για να «μηδενίζει» (reset) αυτόματα το synchrocheck πριν την κάθε χρήση του.

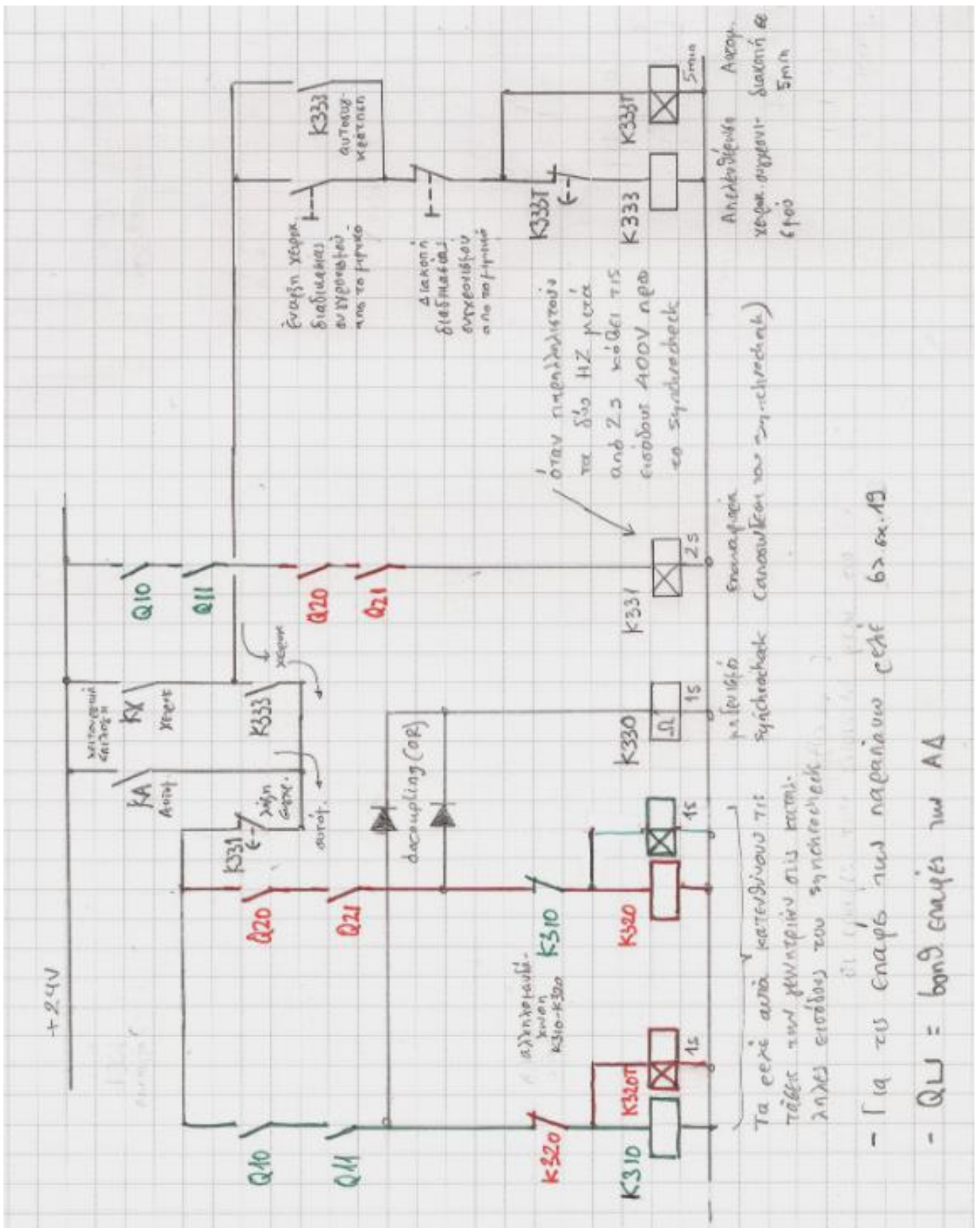
Το ρελέ K331 τραβά 2sec, αφού έχουν συνδεθεί στους ζυγούς BB2 και οι δύο γεννήτριες. Τότε, απενεργοποιώντας όλα τα ρελέ, αποσυνδέει τις τάσεις των γεννητριών από το synchrocheck του οποίου ο ρόλος έχει πλέον λήξει.



Minimale Lagerfüllung
 εναρτησης ενο ταμιακού ριζιου

δραση εντερνευσης
 εναρτησης ενο
 Synchrobeck
 για την αναστολη της
 εναρτησης (δ. ε. 33b, 4c, 1d)
 δ. 2. Gx20

Σχ.19 – Συνδεσμολογία του Synchrocheck



Σχ.20 Βοηθητικά ρελέ σύνδεσης εισόδων – εξόδων του synchrocheck προς τα HZ

2.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΙΣ ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΤΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΩΝ ΤΩΝ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Οι γεννήτριες ΧΤ του Έργου έχουν, όπως προκύπτει από τα στοιχεία του κατασκευαστή τους υπομεταβατική αντίδραση (subtransient reactance) $x_d'' = 0,09$ και μεταβατική αντίδραση $x_d' = 0,13$

Το μέγιστο ρεύμα βραχυκυκλώματος στα άκρα τους υπολογίζεται ως :

$$I_K = U_N / x_d''$$

$$I_K = \frac{400}{0,09} = 6700\text{A} = 6,7\text{kA}$$

Ο ΑΔ ΧΤ κάθε γεννήτριας πρέπει να ανοίγει άμεσα σε τιμή μικρότερη της παραπάνω.

Εφ' όσον έχουμε ΑΔ ΧΤ με $I_K = 1600\text{A}$, τα στοιχεία προστασίας ακαριαίας απόξευξης του θα τα ρυθμίσουμε να λειτουργούν σε μικρότερο ρεύμα από $\frac{6700}{1600} = 4,18 \cdot I_K$

Επιλέγουμε : $2,5 \cdot I_K$ ($< 4,18 \cdot I_K$)

Για τα στοιχεία “απόξευξης με μικρή καθυστέρηση” (short time delay, element) απαιτείται ρύθμιση τάξης :

$$I_K = U_N / x_d'$$

$$I_K = \frac{400}{0,13} = 3000\text{A} = 3\text{kA}$$

$$\frac{3000}{1600} = 1,9 \cdot I_K$$

Επιλέγουμε $1,8 \cdot I_K$ και χρόνο 4sec

Οι σύγχρονες γεννήτριες μπορούν να αντέξουν συνήθως υπερφόρτιση μέχρι και 50% για χρόνο τάξης λίγων λεπτών. Για ασφάλεια παίρνουμε υπόψη τιμή αποδεχτής υπερφόρτισης 30% και μέγιστο χρόνο 20sec.

Ο εξωτερικός ηλεκτρονόμος προστασίας της γεννήτριας από υπερφόρτιση συνδέεται σε Μ/Σ έντασης λόγου 1600:5Α.

Υπερφόρτιση 30% σημαίνει ότι οι γεννήτρια δίνει $1440 \cdot 1,3 = 1872\text{A}$.

Στην τιμή αυτή οι Μ/Σ έντασης έχουν έξοδο: $(\frac{1872}{1600}) \cdot 5 = 5,85\text{A}$

Αφού η ονομαστική ένταση του ηλεκτρονόμου είναι $I_n = 5\text{A}$ θα τον ρυθμίσουμε στα $\frac{5,85}{5} = 1,17 \rightarrow 1,2 \cdot I_n$ και με χρόνο καθυστέρησης 20sec.

Όπως έχει δειχθεί, η κάθε γεννήτρια δίνει στα άκρα της μέγιστο βραχυκύκλωμα 6700Α που μετά τον Μ/Σ ανύψωσης εμφανίζεται στην ΜΤ ως: $\frac{6700}{50} = 134\text{A}$ (αφού στην ΜΤ το ρεύμα είναι 50 φορές πιο μικρό).

Δεδομένου ότι το ονομαστικό ρεύμα του Μ/Σ των 1000kVA στη ΜΤ είναι:

$$I_n = \frac{1000}{20 \cdot \sqrt{3}} = 28,9\text{A}$$

και μετράται με Μ/Σ έντασης λόγου 30:5 (παρα.1.6) σε βραχυκύκλωμα στην πλευρά 20kV.

Ο ηλεκτρονόμος προστασίας θα έχει στην είσοδό του:

$$(\frac{134}{30}) \cdot 5 = 22,3\text{A}$$

Αφού χρησιμοποιούμε ηλεκτρονόμους με $I_n = 5\text{A}$, το στοιχείο βραχυκυκλώματός τους ρυθμίζεται στα $3 \cdot I_n$, αφού $22,3:5 = 4,5$ και $3 < 4,5$).

Προκειμένου αυτή η προστασία να είναι ιεραρχημένη με την αντίστοιχή της στη ΧΤ, της δίνουμε χρονική καθυστέρηση 300ms. Έτσι η προστασία βραχυκυκλώματος στη ΧΤ προηγείται από εκείνη της ΜΤ.

Η προστασία των ΗΖ από την πλευρά ΜΤ μέσω ηλεκτρονόμων είναι πραγματικά μια εφεδρεία και για έναν επιπλέον λόγο: Χάρη στις μανδαλώσεις (βλ. παρα.2.1.2) όταν ανοίξει ο Q10/Q20 ανοίγει άμεσα και ο αντίστοιχος Q11/Q21 και αντίστροφα.

Εδώ πρέπει να σημειωθεί και το εξής σημαντικό:

Λόγω του σχετικά μικρής έντασης βραχυκυκλώματος που δίνει το σύστημα κατά τη λειτουργία με ΗΖ, σε σύγκριση με τις συνθήκες λειτουργίας σε σύνδεση με το δίκτυο ΔΕΗ, η μελέτη βραχυκυκλώματος μέχρι τα επίπεδα των τελικών καταναλωτών ΧΤ (που είναι εκτός της έκτασης της παρούσας εργασίας) πρέπει να λάβει υπόψη της για τις ρυθμίσεις των ηλεκτρονόμων προστασίας τις συνθήκες ελάχιστου βραχυκυκλώματος με λειτουργία ΗΖ. Έτσι δεν θα αποφευχθεί η περίπτωση, κατά τη λειτουργία με ΗΖ, ένα πιθανό βραχυκύκλωμα να μην εκληφθεί σαν απλή υπερφόρτιση. Βέβαια, οι ρυθμίσεις όλων των ηλεκτρονόμων προστασίας και κυρίως των στοιχείων $I \gg$ (βραχυκύκλωμα) πρέπει να ιεραρχηθούν πολύ προσεκτικά μέχρι τις υποδιανομές ΧΤ, με τέτοιο τρόπο, ώστε λαμβανομένου υπόψη των ρυθμίσεων που αναφέρθηκαν των προπορευόμενων ΑΔ Q10/Q20, Q11/Q21 στον κύριο ΥΣ Υ0, όταν συμβαίνει κάποιο βραχυκύκλωμα να ανοίγει πάντα κανονικά ο πλησιέστερος στο σφάλμα ΑΔ που το τροφοδοτεί.

2.5 ΑΠΟΡΡΙΨΗ ΦΟΡΤΙΩΝ (LOAD SHADING) - ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ

Αν τύχει και αστοχήσει να ξεκινήσει ή να παραλληλιστεί το ένα ΗΖ, τότε η εφεδρική παροχή καθίσταται σημαντικά αδύναμη. Το ίδιο συμβαίνει, αν κατά την παράλληλη λειτουργία, σταματήσει το ένα ΗΖ για οποιοδήποτε λόγο. Για να αντιμετωπίζεται αυτή η ανωμαλία, ο Κεντρικός Αυτοματισμός προβλέπει την εξής δυνατότητα:

Όταν λειτουργούν και τα δύο ΗΖ, απορρίπτονται κάποια φορτία στους τοπικούς ΥΣ (πρώτο βήμα απόρριψης) και όταν λειτουργεί μόνο το ένα ΗΖ απορρίπτονται ακόμα περισσότερα (δεύτερο βήμα απόρριψης).

Η απόρριψη φορτίων σε δύο βήματα γίνεται μέσω δύο ΝΟ επαφών ρελέ, που το καθένα αφορά ένα βήμα απόρριψης. Τα ρελέ αυτά οδηγούνται από το PLC και η εντολή απόρριψης μεταβιβάζεται στη διανομή ΧΤ των τοπικών υποσταθμών. Εκεί γίνεται η αποσύνδεση των φορτίων. Η διαδικασία αυτή αφορά τον ΓΜΗ, ως προς την επιλογή των φορτίων προς απόρριψη, και τον μελετητή των διανομών ΧΤ ως προς τον σχετικό τοπικό αυτοματισμό.

Οι κύριες μανδαλώσεις, όπως προαναφέρθηκε, πραγματοποιούνται με κλασική συμβατική συρμάτωση των ΝΟ-NC βοηθητικών επαφών των ΑΔ Q10, Q20, Q11, Q21, Q31, Q41, Q0.1, Q0.3, Q51 με τα πηνία έλλειψης τάσης τους (σχ.11α – f), με μικρό αριθμό βοηθητικών ρελέ (σχ.19 – 20) και τη συσκευή synchrocheck.

Ο κλασικός αυτός αυτοματισμός διασφαλίζει μόνο τη βασική ασφάλεια έναντι ανωμαλιών που θα μπορούσε να προκαλέσει κυρίως κάποιο λάθος χειριστή, καθότι αφορά μόνο το «χειροκίνητο χειρισμό».

Το σύστημα είναι σχεδιασμένο κανονικά να λειτουργεί «αυτόματα», χωρίς διαρκή επιτήρηση. Δηλαδή, ο αυτοματισμός εντολοδοτεί τους ΑΔ και τα ΗΖ σε περιπτώσεις διακοπής των 20kV της ΔΕΗ, προκειμένου να εκκινούν τα ΗΖ, να συγχρονίζονται μεταξύ τους (παρα.2.2 – 2.3), να πραγματοποιείται η αναγκαία απόρριψη φορτίων (παρα.2.5) και η προσωρινή αποσύνδεση των Μ/Σ διανομής (παρα.2.1.2), να γίνονται οι μεταγωγές μεταξύ των ΑΔ ΜΤ εισόδου ΔΕΗ – τομής ζυγών ΒΒ1 – ΒΒ2 (Q41-Q31) και να επανασυνδέονται κλιμακωτά οι προσωρινά αποσυνδεδεμένοι Μ/Σ διανομής μετά τη ζεύξη των ΗΖ. Ανάλογη – αντίθετη διαδικασία καλείται να εκτελέσει ο αυτοματισμός όταν επανέλθει η τάση ΔΕΗ, οπότε η ενεργειακή παροχή επιστρέφει στην κανονική της πηγή.

Το σύστημα έχει δύο τρόπους λειτουργίας που επιλέγονται μέσω επιλογικού διακόπτη επί του Μιμικού Διαγράμματος (παρα.2.6). “Χειροκίνητη – Αυτόματη – Φραγή”.

Χειροκίνητη Λειτουργία

Στη λειτουργία αυτή δε συμμετέχει καθόλου το PLC. Όλες οι διαδικασίες γίνονται από το προσωπικό, με χειρισμούς από το Μιμικό Διάγραμμα, το οποίο, χάρη στα ενδεικτικά LEDs και τα όργανα που διαθέτει παρέχει και όλες τις αναγκαίες πληροφορίες (παρα.2.6). Ο χειριστής με τα μπουτόν «Ξεκίνα» εκκινεί τα HZ και μετά, με τα μπουτόν «Κλείσε – Άνοιξε», κλείνει και ανοίγει τους ΑΔ.

Οι συρματωμένες (συμβατικές) μανδαλώσεις δεν επιτρέπουν να εκτελεστεί μια λανθασμένη εντολή του χειριστή που είναι επικίνδυνη για το προσωπικό και τον εξοπλισμό.

Αυτόματη Λειτουργία

Η λειτουργία αυτή εκτελείται από το PLC αλλά συμμετέχει και ο αναφερθείς συμβατικός αυτοματισμός των ρελέ (σχ.19-20). Όταν ανιχνευτεί απουσία τάσης ΔΕΗ από τον ηλεκτρονόμο τάσης που βρίσκεται συνδεδεμένος στους Μ/Σ τάσης T41.1-3 πριν από τον ΑΔ εισόδου Q41 (σχ.4) και αφού αυτό επιβεβαιωθεί για λίγα δευτερόλεπτα, παίρνουν εντολή εκκίνησης ταυτόχρονα και τα δύο HZ, εφόσον είναι διαθέσιμα. Κανονικά, σε λίγα δευτερόλεπτα, θα πρέπει να έχουν ξεκινήσει. Όταν το πρώτο HZ (τυχαία G10 ή G20) δηλώσει «ετοιμότητα», μέσω NO επαφής του τοπικού αυτοματισμού του (παρα.2.2), δηλαδή όταν παράγει ορθή τάση ως προς V και Hz, ενεργοποιεί στον Κεντρικό Αυτοματισμό την εντολή να κλείσει άμεσα ο ΑΔ ΧΤ του HZ (Q10 ή Q20) και ακολούθως ο ΑΔ ΜΤ (Q11 ή Q21).

Αν το επόμενο HZ δεν κατορθώσει να δηλώσει «ετοιμότητα» μέσα σε χρόνο τάξης ενός λεπτού, τότε αυτό μπλοκάρεται και η διαδικασία συνεχίζει με ένα μόνο HZ, αφού δοθεί το ανάλογο σήμα ανωμαλίας σε LED στο μιμικό αλλά και μέσω GSM στους ηλεκτρολόγους επιφυλακής.

Ο Κεντρικός Αυτοματισμός κατ' αρχήν ανοίγει τους ΑΔ προς τους Μ/Σ διανομής ώστε τα φορτία τους να μη προκαλέσουν υπερένταση στα HZ, λόγω ταυτόχρονης μαγνήτισης των Μ/Σ κατά την ζεύξη τους. Επίσης εκτελεί και απόρριψη των μη κρίσιμων φορτίων (παρα.2.5), ώστε τα HZ να μη «γονατίσουν» κατά την κανονική λειτουργία τους. Η απόρριψη γίνεται σε ένα ή δύο βήματα, ανάλογα αν λειτουργεί μόνο το ένα ή και τα δύο HZ. Ακολούθως ο ΚΑ ανοίγει τον ΑΔ εισόδου ΔΕΗ (Q41) και κλείνει το διακόπτη τομής των ζυγών BB1 – BB2

(Q31/σχ.4). Μετά από αυτό επανασυνδέονται κλιμακωτά οι Μ/Σ διανομής μέσω των ΑΔ Q51, Q0.1, Q0.3 με διαφορά 1-2sec και έτσι πραγματοποιείται η ηλεκτροδότηση της μονάδας.

Όταν «επιστρέψει» η τάση της ΔΕΗ, κάτι που δηλώνει ο ηλεκτρονόμος τάσης της εισόδου ΔΕΗ, αφού αυτό επιβεβαιωθεί για λίγα δευτερόλεπτα, ανοίγουν και πάλι οι ΑΔ προς τα φορτία (Q51, Q0.1, Q0.3), ανοίγει κατόπιν ο ΑΔ τομής Q31 και αμέσως κλείνει ο ΑΔ εισόδου Q41. Ακολουθεί και πάλι η κλιμακωτή ζεύξη των φορτίων (κλείσιμο των Q51, Q0.1, Q0.3) καθώς και η άρση της απόρριψης των μη κρίσιμων φορτίων στους Τοπικούς ΥΣ. Τα ΗΖ παραμένουν για κάποιο χρόνο σε λειτουργία επιφυλακής και μετά παίρνουν εντολή να σταματήσουν, αφού ανοίξουν ταυτόχρονα οι ΑΔ Q10, Q20, Q11, και Q21. Τα ΗΖ μπαίνουν τότε σε μία ολιγόλεπτη λειτουργία χαμηλών στροφών (cool down) και μετά ακινητοποιούνται μέσω του τοπικού αυτοματισμού τους (παρα.2.2).

Οι παραπάνω διαδικασίες του ΚΑ φαίνονται στα λογικά διαγράμματα των σχ.21-26.

2.5.1 Ο ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΣ ΕΛΕΓΚΤΗΣ (PLC)

Την αυτόματη λειτουργία την εκτελεί το PLC . Πρόκειται για κοινό μικρού μεγέθους PLC τάξης 48/48 I/O (dig = ψηφιακές εισοδοι/έξοδοι)

Το PLC δέχεται στις ψηφιακές εισόδους του (dig.I) σήματα (+24Vdc) από τις βοηθητικές επαφές των ΑΔ («Ανοιχτός – Κλειστός»), τις πληροφορίες «ΑΔ μη διαθέσιμος», πληροφορίες κατάστασης των ΗΖ («Λειτουργεί – Δεν Λειτουργεί – Μη Διαθέσιμο»), σήματα από τους ηλεκτρονόμους επιτήρησης τάσης κλπ, όπως δείχνεται στα σχ.21α,β. Οι ψηφιακές έξοδοι τον εντολοδοτούν με ενδιάμεσα ρελέ (interface relays) για να μεταβιβάζουν τις εντολές στους ΑΔ και στα ΗΖ.

Οι σημαντικές πληροφορίες, όπως η κατάσταση ΑΔ, μπαίνουν στο PLC συμπληρωματικά, δηλαδή ταυτόχρονα μέσω ΝΟ και ΝC επαφών. Οι δύο αυτές βοηθητικές επαφές ενός ΑΔ πρέπει ανά πάσα στιγμή να έχουν αντίθετη κατάσταση (1&0 ή 0&1), δηλαδή να τηρούν συνθήκη «EXOR». Αν αυτή η συνθήκη δεν υφίσταται , σημαίνει, είτε διακοπή σύνδεσης , είτε σφάλμα επαφής, είτε βραχυκύκλωμα, είτε απώλεια βοηθητικής τάσης. Τότε ο ΚΑ δίνει σήμα «Ανωμαλία» και παύει να εκτελεί περαιτέρω λειτουργίες. Στην περίπτωση αυτή, καλείται το προσωπικό (μέσω GSM) για να αναλάβει χειροκίνητο χειρισμό, αφού η αυτόματη λειτουργία με λανθασμένη πληροφόρηση του Αυτοματισμού θα μπορούσε να είναι επικίνδυνη.

Εξάλλου, κάθε εντολή που δίνει το PLC προς τους ΑΔ ελέγχεται αν έχει εκτελεστεί. Αν όχι, ακολουθεί η ίδια διαδικασία σηματοδότησης κλπ. Η λογική αυτή φαίνεται στο σχ.26.

Μπλοκάρισμα του Αυτοματισμού γίνεται και όταν κάποιος από τους κύριους ΑΔ που συμμετέχουν στη μεταγωγή ΔΕΗ-ΗΖ δηλώνει «Μη Διαθέσιμος».

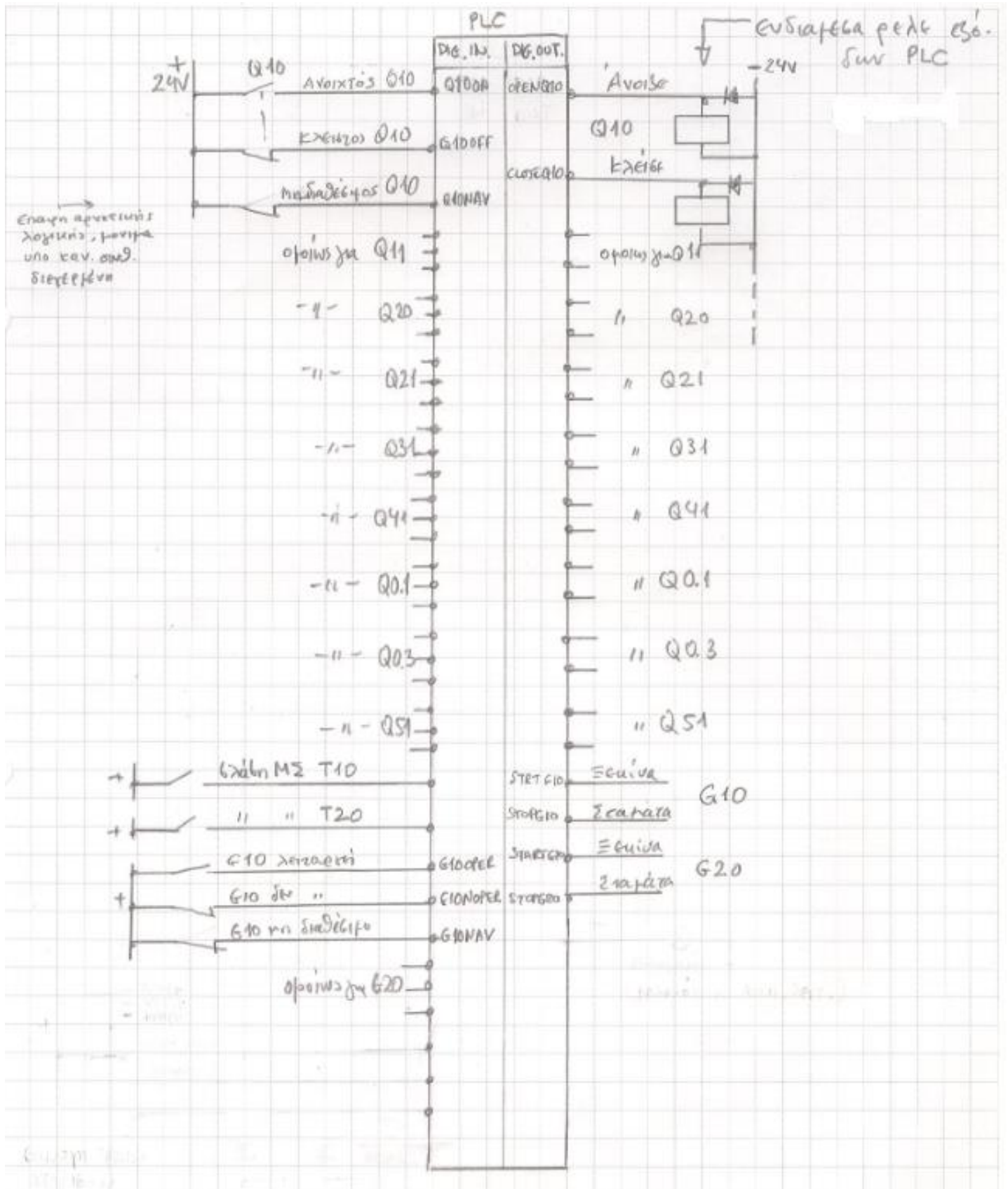
Τα σήματα I/O (εισόδου – εξόδου) των PLC καθώς και ορισμένα εσωτερικά σήματα (bits) ταυτοποιούνται για τον προγραμματισμό με αλφαριθμητικά κωδικά ονόματα στην αγγλική, όπως τα δέχονται τα PLC του εμπορίου και όπως συνηθίζεται στη διεθνή πρακτική των PLC.

Ο προγραμματισμός του PLC γίνεται με τα διεθνή σύμβολα “λογικών πυλών” κατά IEC. Δηλαδή, η λογική του αυτοματισμού αποτυπώνεται σε λογικά διαγράμματα (σχ.21-26) και τα ίδια εισάγονται, μέσω ενός “PC προγραμματισμού”, στη μνήμη προγράμματος του PLC.

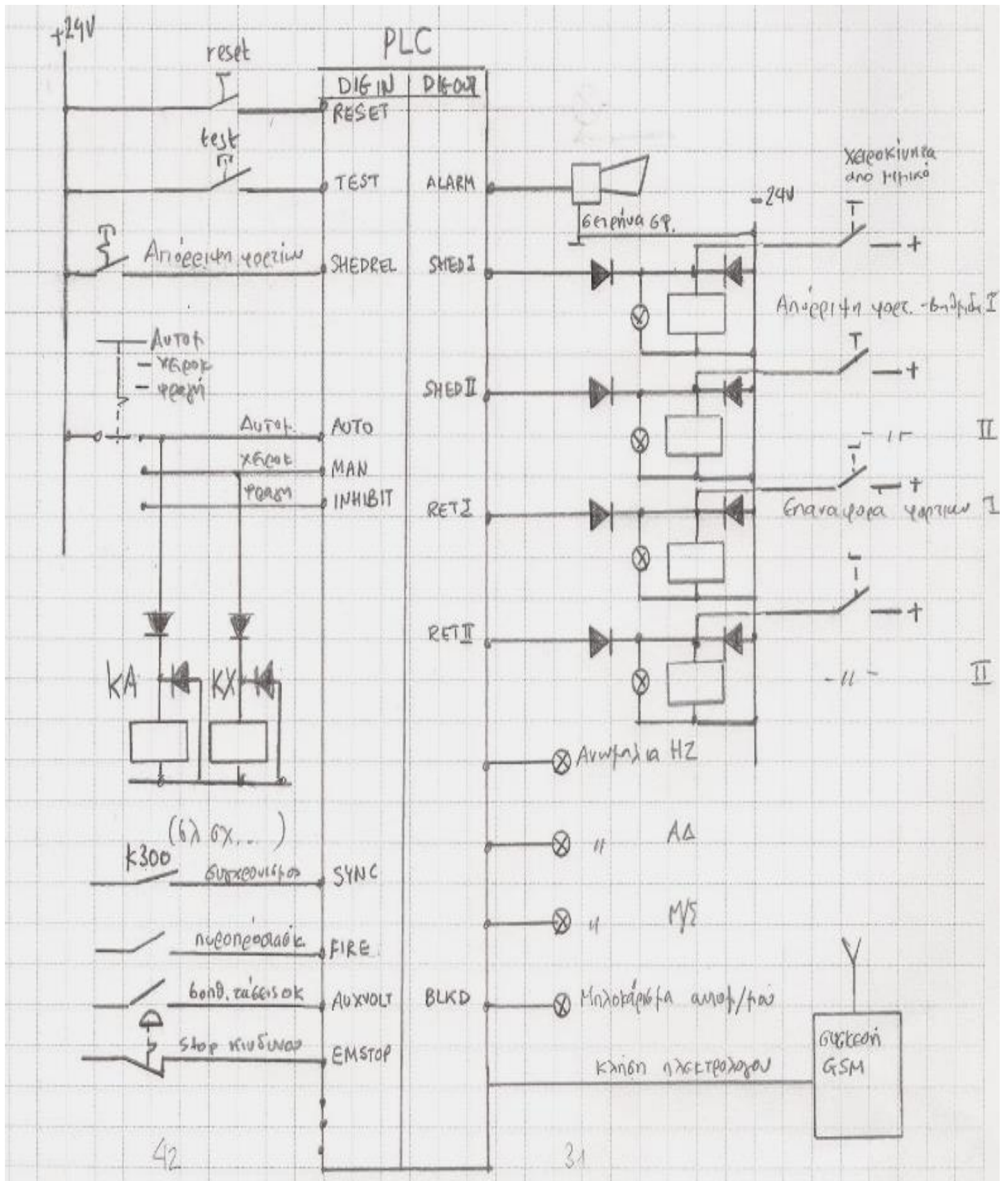
Στη λίστα που ακολουθεί επεξηγούνται οι αλφαριθμητικοί κωδικοί των λογικών διαγραμμάτων των σχ.21-26.

OPEN Q...	Άνοιξε τον ΑΔ Q... , εντολή από ψηφιακή έξοδο προς τον ΑΔ
CLOSE Q...	Κλείσε τον ΑΔ Q... , εντολή από ψηφιακή έξοδο προς τον ΑΔ
START G...	Ξεκίνα το ΗΖ... , εντολή από ψηφιακή έξοδο προς το ΗΖ
STOP G...	Σταμάτα το ΗΖ... , εντολή από ψηφιακή έξοδο προς το ΗΖ
Q... ON	ΑΔ Q... είναι κλειστός, είσοδος στο PLC από βοηθητική επαφή του ΑΔ
G... OPER από το ΗΖ	ΗΖ G... Λειτουργεί (παράγει ορθή τάση – συχνότητα), είσοδος στο PLC
Q... NAV	ΑΔ Q... δεν είναι διαθέσιμος (Not Available). Σημαίνει ότι είτε το φορείο του δεν είναι στην κανονική θέση, είτε η βοηθητική του τάση έχει διακοπεί, είτε ο ηλεκτρονόμος προστασίας δίνει σήμα δυσλειτουργίας (επαφή IRF = Internal fault), είτε ο γειωτής είναι γειωμένος, είτε ο ηλεκτρονόμος προστασίας έχει δηλώσει σφάλμα και δεν έχει γίνει επαναφορά του. Η είσοδος αυτή προκύπτει από διάφορες σε σειρά επαφές από την κυψέλη του ΑΔ.
G... NAV	Το ΗΖ G... δεν είναι διαθέσιμο. Σημαίνει ότι είτε αυτό έχει εξαιρεθεί χειροκίνητα μέσω του τοπικού επιλογικού διακόπτη επί του ΗΖ, είτε έχει παρουσιάσει μηχανική βλάβη (πχ υπερθέρμανση, υποπίεση, πτώση στροφών, αδυναμία εκκίνησης, έλλειψη καυσίμων κλπ), είτε και ηλεκτρική ανωμαλία. Η είσοδος αυτή προέρχεται από επαφή του τοπικού αυτοματισμού του ΗΖ.
SYNC	Το σήμα μέσω NO επαφής από το synchrocheck: “Τεννήτριες Σύγχρονες”. Η είσοδος αυτή προέρχεται από επαφή του synchrocheck (K300/σχ.20)
AUTO	Επιλογή «Αυτόματης Λειτουργίας». Είναι είσοδος προερχόμενη από τον επιλογικό διακόπτη του μιμικού (σχ.21b).

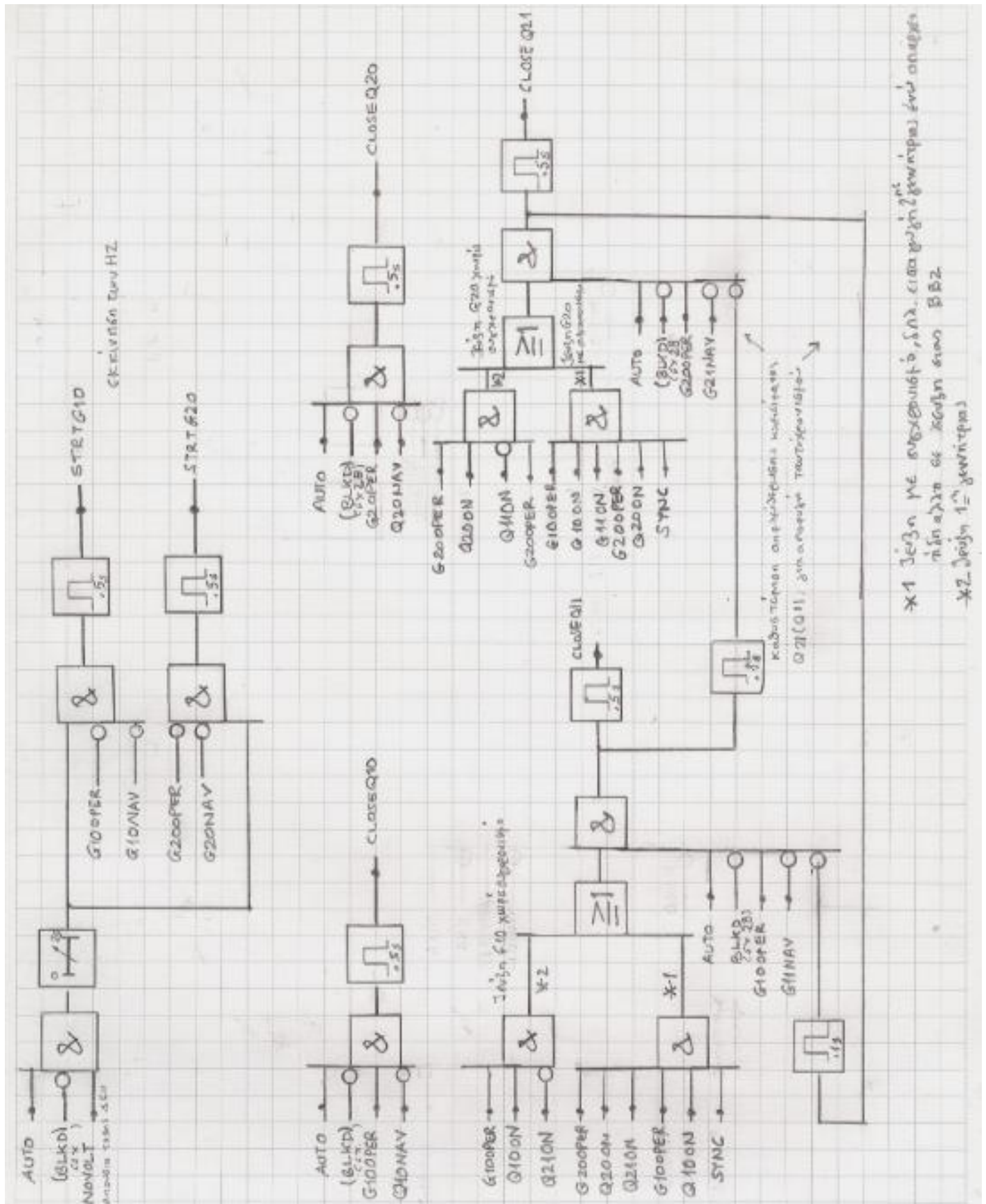
RESET	Αναγνώριση σφάλματος – επαναφορά. Είσοδος προερχόμενη από μπουτόν στο μιμικό.
SHEDI, SHEDII	Εντολές απόρριψης φορτίων (έξοδος PLC). Βαθμίδα I όταν έχουμε λειτουργία δύο HZ και βαθμίδα II όταν ένα μόνο HZ είναι συνδεδεμένο. Οι έξοδοι αυτές μεταβιβάζονται στους τοπικούς ΥΣ (εντολή από NO επαφή) για να ρίξουν κάποια με κρίσιμα φορτία, όπως πχ κάποιοι φωτισμοί, κλιματιστικά κα. Τα αντίστοιχα κυκλώματα εκφεύγουν του παρόντος.
RETI, RETII	Έξοδοι εντολών επαναφοράς των φορτίων που είχαν απορριφθεί.
EMSTOP	“Emergency Stop”. Εντολή εισόδου γενικού διακόπτη ανάγκης από κόκκινα μπουτόν – μανιτάρια στους ΥΣ αλλά και από την πυροπροστασία.
GSM	Έξοδος προς συσκευή GSM για αποστολή μηνύματος SMS για πρόσκληση του ηλεκτρολόγου κα.
PLC FAIL	Εσωτερικό bit που σημαίνει σφάλμα του PLC.
AUVOLT FAIL	Είσοδος από συμβατικό σύστημα επιτήρησης βοηθητικών τάσεων.
ALARM	Έξοδος προς σειρήνα σήμανσης ανωμαλιών.
MANUAL	Είσοδος από επιλογικό διακόπτη μιμικού – Επιλογή χειροκίνητης λειτουργίας.
INHIBIT	Είσοδος από επιλογικό διακόπτη μιμικού – Φραγή συστήματος.
SHEDREL	Απελευθέρωση απόρριψης φορτίων – Είσοδος από επιλογικό διακόπτη μιμικού (shed release).



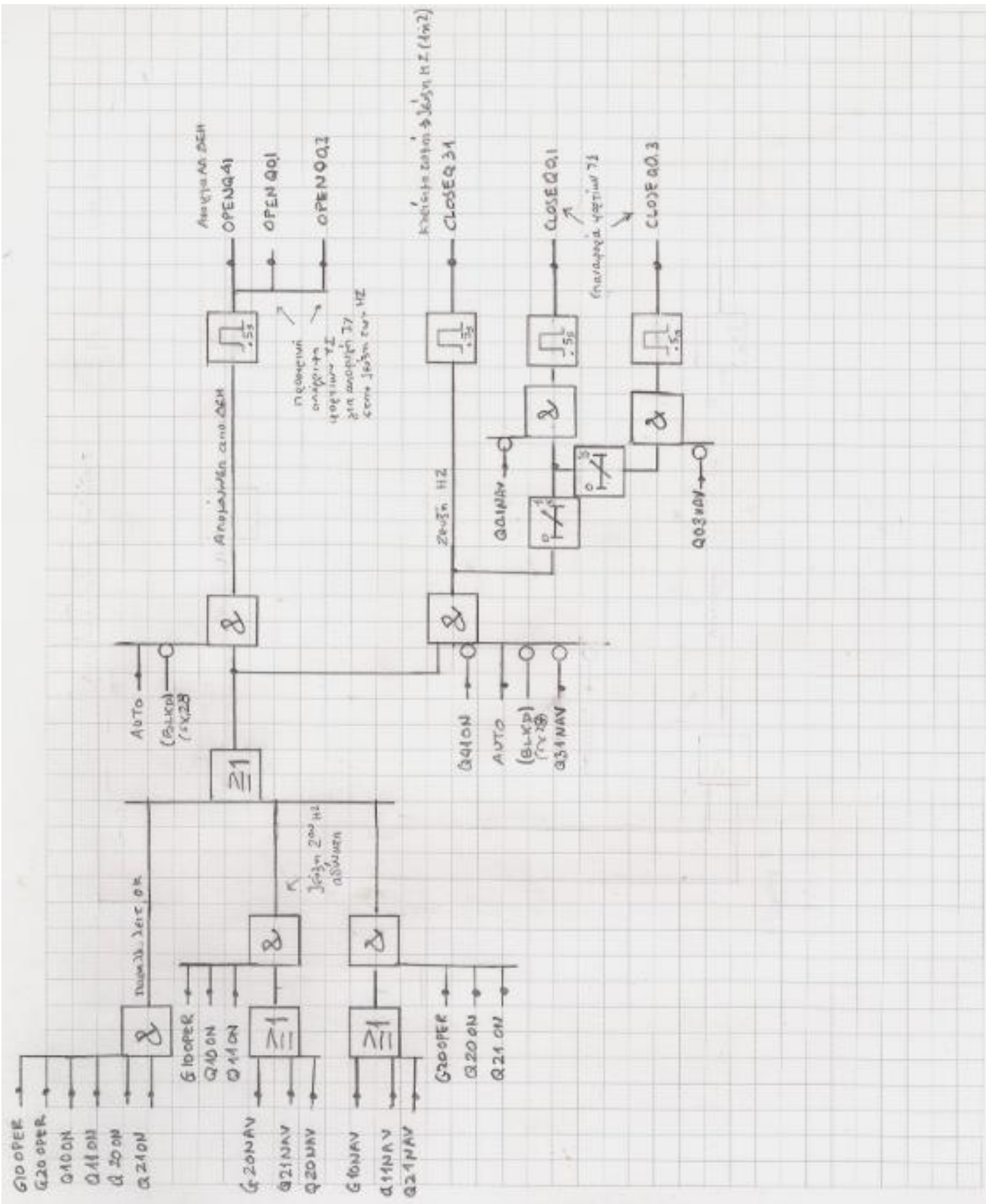
Σχ.21,α – Ψηφιακοί είσοδοι – έξοδοι PLC



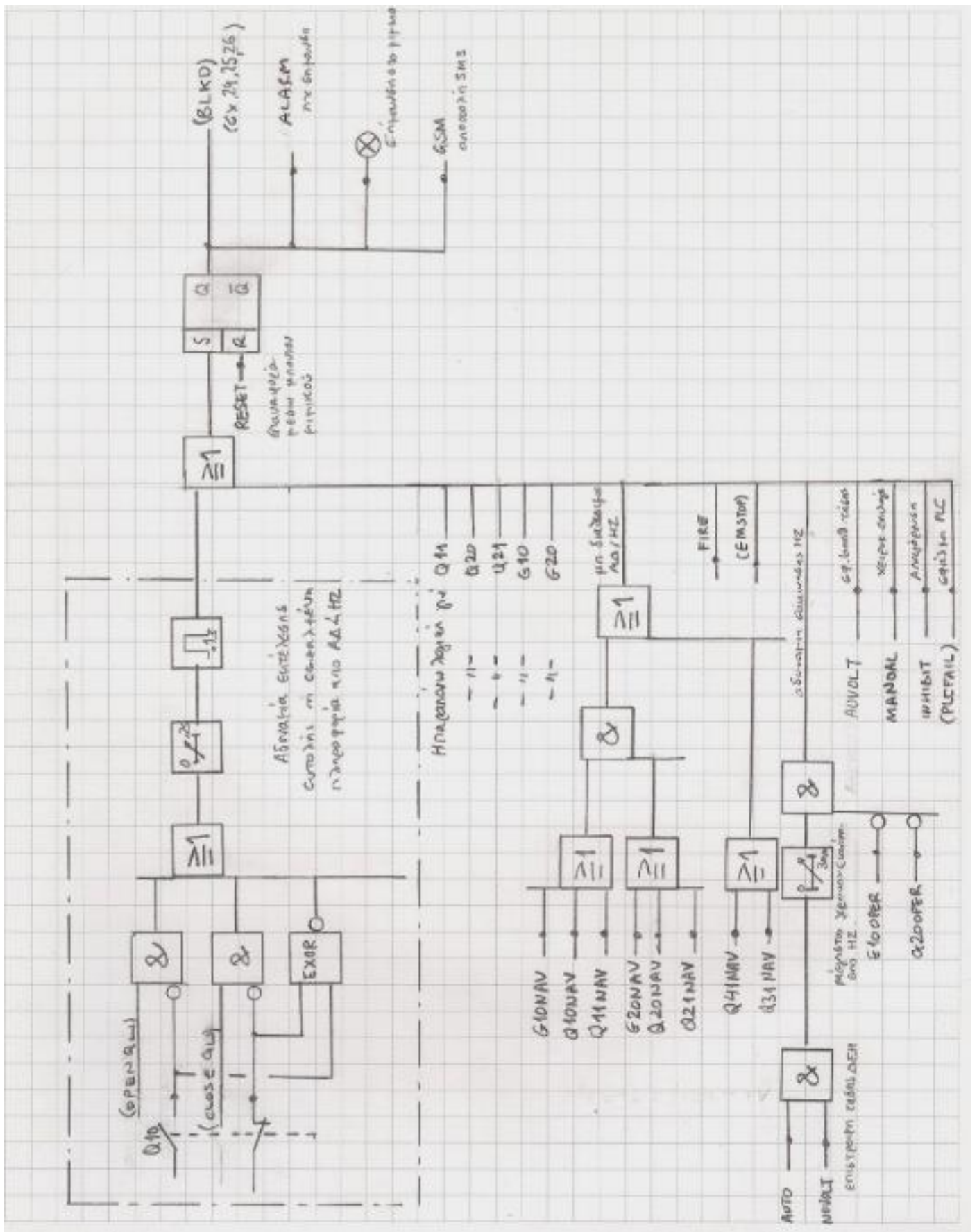
Σχ.21,b – Ψηφιακοί είσοδοι – έξοδοι PLC



Σχ.22 – Εκκίνηση HZ – Κλείσιμο Q10, Q20, Q11, Q21



Σχ.23 – Μεταγωγή ΔΕΗ – ΗΖ – προσωρινή διακοπή φορτίων ΥΣ Q0.1- Q0.3



Σχ.26 – Μπλοκάρισμα αυτόματης λειτουργίας

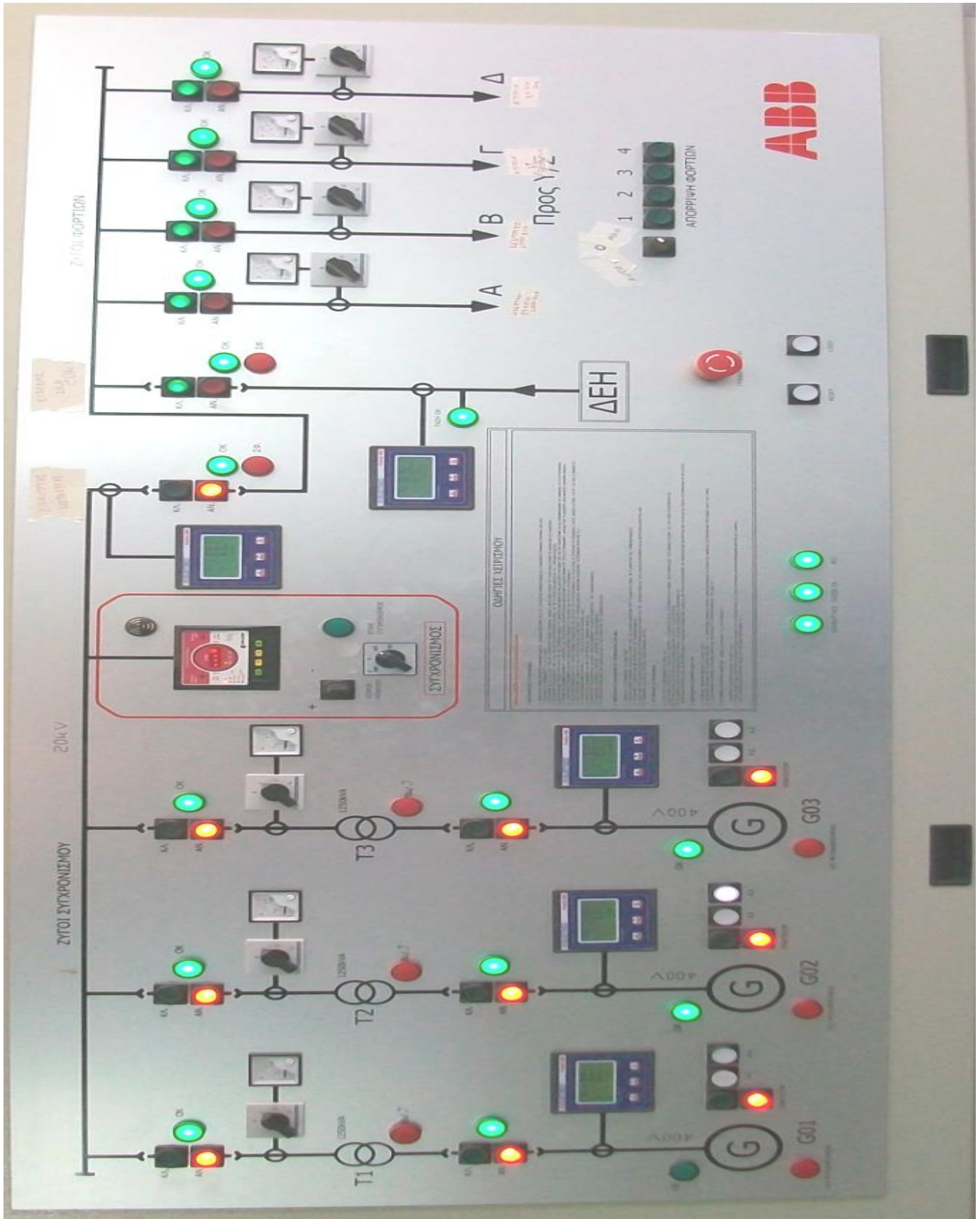
2.6 ΤΟ ΜΙΜΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΩΝ ΧΕΙΡΙΣΜΩΝ

Η ξενοδοχειακή μονάδα διαθέτει μόνιμο υπάλληλο αδειούχο ηλεκτρολόγο βάρδιας επί 24 ώρες. Ωστόσο οι βασικοί χειρισμοί στη ΜΤ, κύρια χάριν ταχύτητας, θα γίνονται κανονικά αυτόματα μέσω του PLC και όχι χειροκίνητα από τον ηλεκτρολόγο. Σε περιπτώσεις ανωμαλίας του PLC (σχετικά πολύ σπάνια περίπτωση) ή για λόγους δοκιμών – συντήρησης, όλοι οι χειρισμοί μπορούν να γίνουν και χειροκίνητα μέσα από ένα εργονομικό-εποπτικό Μιμικό Διάγραμμα που βρίσκεται στην όψη του πίνακα του ΚΑ, όπου εγκαθίσταται και το PLC.

Οι χειρισμοί από το μιμικό, χάρη στις σαφείς και απλές οδηγίες που αναγράφονται πάνω σε αυτό, μπορούν να γίνουν και από “μη ηλεκτρολόγο”, μετά από πολύ σύντομη ενημέρωση.

Οι μανδαλώσεις που προβλέπονται προστατεύουν από κάθε πιθανό λάθος που μπορεί να κάνει ο απληροφόρητος ή απρόσεχτος χειριστής (idiot proof).

Στη φωτο6 φαίνεται το μιμικό διάγραμμα της παρόμοιας εγκατάστασης στην οποία στηρίχθηκε η παρούσα εργασία.



Φώτο Μικρό Διάγραμμα

Οι χειροκίνητοι χειρισμοί μέσω του Μιμικού Πίνακα δεν περνάνε καθόλου μέσα από το PLC. Το ίδιο και οι σημάσεις και οι μετρήσεις. Οι εντολές από τα μπουτόν πάνε απ' ευθείας στους εντολοδόχους (τους ΑΔ και τα ΗΖ) μέσω απλού συμβατικού αυτοματισμού (ρελέ). Άρα καμία βλάβη του PLC δεν επηρεάζει τον χειροκίνητο χειρισμό.

Στο Μιμικό Διάγραμμα που είναι από ανοδιωμένο αλουμίνιο, διαστάσεων περίπου 1,5x0,7(m), με μεταξοτυπία συμβόλων και κειμένων, προβλέπονται τα εξής εξαρτήματα:

α). Για κάθε ΑΔ (ΧΤ/ΜΤ):

- Δύο φωτεινά μπουτόν “Άνοιξε – Κλείσε” με ενσωματωμένες ενδείξεις LED

“Άνοιχτός” – “Κλειστός”

- Ένα πράσινο LED “ ΑΔ Διαθέσιμος” (δεν υπάρχει σφάλμα ούτε έχει συρθεί έξω ο συρόμενος ΑΔ)

β). Για κάθε ΗΖ :

- Δύο φωτεινά μπουτόν “Ξεκίνα – Σταμάτα” με ενδείξεις LED

“Λειτουργεί” – “Σταματημένο”

- Ένα LED “Διαθέσιμο” (δεν υπάρχει σφάλμα – σε ετοιμότητα)

- Ένα LED “Μπλοκαρισμένο” (αδυναμία εκκίνησης)

γ). Στη ΧΤ του κάθε ΗΖ προβλέπεται από ένα ψηφιακό πολυόργανο που δίνει κατ' επιλογή τιμές για : A, V, kW, kVA, kVar, kWh, kVarh, cosφ, Hz.

δ). Όμοια πολυόργανα βρίσκονται στην είσοδο ΔΕΗ 20kV και στους ζυγούς ΒΒ2.

ε). Για το συγχρονισμό, πάνω στο μιμικό βρίσκεται και η αναφερθείσα συσκευή synchrocheck. Η συσκευή αυτή διαθέτει οθόνη LED για να δείχνει τις τιμές ΔU, Δf, Δφ που χρειάζονται στον χειροκίνητο συγχρονισμό καθώς και LED «Σύγχρονη Λειτουργία» («Ζεύξη τώρα!»).

ζ). Περιστροφικό μπουτόν «Αύξησε» - «Μείωσε» για τη χειροκίνητη ρύθμιση της συγχρονιζόμενης γεννήτριας.

- η). Επιλογικός διακόπτης τρόπου χειρισμού: «Αυτόματα» - «Χειροκίνητα» - «Φραγή».
- θ). Μπουτόν δοκιμής ενδεικτικών (LEDs).
- Ι). Μπουτόν σίγησης σειρήνας σφαλμάτων (reset).
- κ). Μπουτόν – Μανιτάρι : «Stop Ανάγκης».
- λ). Επιλογικός διακόπτης «Με Απόρριψη» - «Χωρίς Απόρριψη» (φορτίων).
- μ). Ενδεικτικό «βλάβης βοηθητικής τάση».
- ν). Ενδεικτικό «Ανωμαλία PLC».

2.7 ΤΗΛΕΣΗΜΑΝΣΕΙΣ GSM

Όταν συμβαίνουν σημαντικά σφάλματα (πχ τριπάρισμα ενός ΑΔ) εκτός της τοπικής σήμανσης σε κάθε ΥΣ προβλέπεται ειδική συσκευή που στέλνει μηνύματα SMS σε κινητά τηλέφωνα του προσωπικού που θα αναλάβει δράση.

2.8 ΑΣΦΑΛΗΣ ΤΑΣΗ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ – ΧΕΙΡΙΣΜΩΝ

Για την ασφαλή λειτουργία τόσο της αυτόματης λειτουργίας μέσω του PLC όσο και της χειροκίνητης και για τις σημάνσεις ανωμαλιών και καταστάσεων στο μιμικό, προβλέπεται διπλό σύστημα τροφοδοσίας βοηθητικής τάσης, η οποία επιλέχθηκε στα 24V, μία τυπική και ασφαλής τάση σύγχρονων αυτοματισμών.

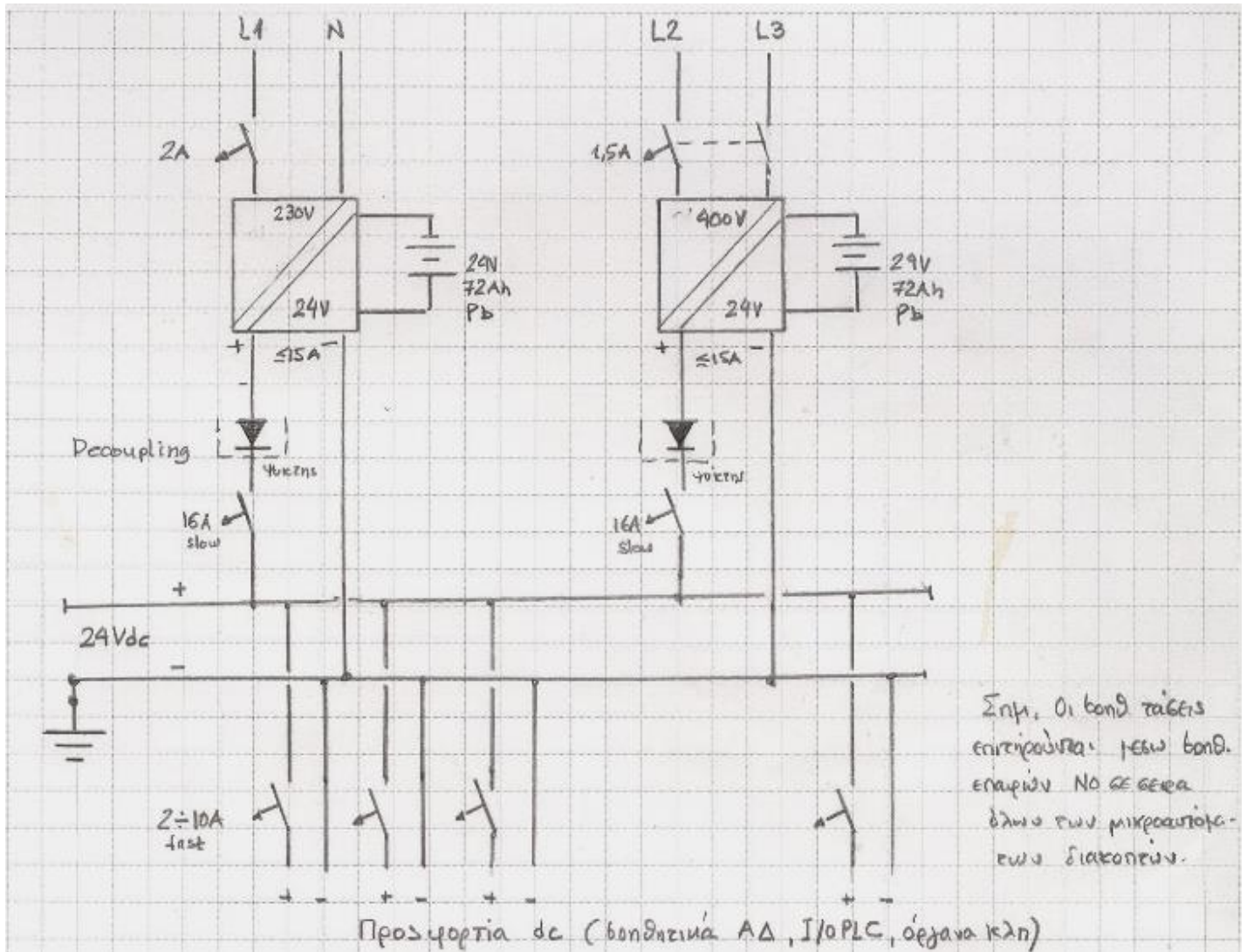
Το σύστημα λειτουργεί ως εξής:

Έχουμε δύο σταθεροποιημένα τροφοδοτικά 230/25V dc ικανά να δώσουν την ίδια τάση υπό το πλήρες φορτίο τους τάξης 20A. Τα τροφοδοτικά αυτά υποστηρίζονται από δύο σετ μπαταριών μολύβδου περίπου 150Ah η κάθε μια. Οι μπαταρίες έχουν σύστημα «διαρκούς φόρτισης συντήρησης» για να είναι πάντα σε καλή κατάσταση. Τα δύο τροφοδοτικά είναι ανεξάρτητα και συνδέονται στα φορτία (I/O του PLC, σημάνσεις, μιμικό διάγραμμα, ηλεκτρομαγνήτες «Άνοιξε – Κλείσε» των ΑΔ, πηνία έλλειψης τάσεως για τις μανδάλωσεις των ΑΔ κλπ) μέσω μεγάλων διόδων πυριτίου απομόνωσης (σχ.29). Το ένα από τα δύο τροφοδοτικά έχει τάση εξόδου ρυθμισμένη ελαφρώς υψηλότερα από το άλλο. Με αυτόν τον τρόπο, η διάδος απομόνωσης του άλλου τροφοδοτικού βρίσκεται σε ανάστροφη πόλωση και δεν άγει. Το δεύτερο τροφοδοτικό θα αναλάβει αυτόματα και αδιάλειπτα την τροφοδοσία του αυτοματισμού μόνο αν «πέσει» το πρώτο.

Για ασφάλεια λειτουργίας γειώνεται το “-“ της βοηθητικής τάσης και η βοηθητικής τάση κατανέμεται σε πολλούς μικροαυτόματους διακόπτες τάξης 1-10A, ώστε μικρές ανωμαλίες να μην κόβουν πλήρως τη βοηθητική τάση.

Η απόξευση των μικροαυτομάτων σημαίνεται μέσω βοηθητικών επαφών.

Επίσης η βλάβη ενός τροφοδοτικού σημαίνεται και αυτή όπως η προηγούμενη στο μιμικό διάγραμμα.



Σχ.29 – Διάταξη τροφοδοτικών UPS για τις βοηθητικές τάσεις 24Vdc

Ευχαριστίες

Κλείνοντας την πτυχιακή εργασία μου, που σηματοδοτεί το τέλος των σπουδών μου στο ΤΕΙ Πειραιά θέλω να ευχαριστήσω τους καθηγητές του ΤΕΙ για τα πολύτιμα εφόδια ζωής που μου προσφέρουν, ιδιαίτερα τον υπεύθυνο Επίκουρο Καθηγητή της πτυχιακής αυτής κ. Καμινάρη για τις συμβουλές και την καθοδήγησή του κατά την διάρκεια της εκπόνησής της και τέλος τους γονείς μου που στήριξαν ηθικά και οικονομικά τις σπουδές μου.

Βιβλιογραφία

Edminister, J, «Ηλεκτρικά Κυκλώματα», Schaum's Outline Series, McGraw-Hill, New York.

Weedy, B.M, και Cory, B.J, « Μεταφορά Και Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας», Ιων 2001, Συμπληγάδων 7, Περιστέρι.

Φάκαρος, Α, «Εσωτερικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις» Αθήνα: εκδ. Ίδρυμα Ευγενίδου.

Sites:

www.abb.com

www.kafkas.gr

<http://www.kafkasinstitute.gr/>

Γεώργιος Παράσης

Ιούνιος 2014

