

ΔΙΚΤΥΑ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

1

Ενότητα 1.1

- 1.1.1** Ακτινικά δίκτυα μέσης τάσης
- 1.1.2** Βροχοειδή δίκτυα μέσης τάσης
- 1.1.3** Σφάλματα στα εναέρια δίκτυα μέσης τάσης
- 1.1.4** Σφάλματα στα υπόγεια δίκτυα μέσης τάσης
- 1.1.5** Τύποι παροχών μέσης τάσης
- 1.1.6** Υποσταθμός καταναλωτή μέσης τάσης



Διδακτικοί στόχοι

Στο τέλος αυτής της ενότητας, οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση:

- ☞ να γνωρίζουν τις βασικές τάσεις σε kV των ηλεκτρικών δικτύων που χρησιμοποιούνται στην Ευρώπη.
- ☞ να ξεχωρίζουν τα πλεονεκτήματα των βροχοειδών δικτύων μέσης τάσης.
- ☞ να αναφέρουν τις αιτίες των σφαλμάτων στα εναέρια και υπόγεια δίκτυα μέσης τάσης.
- ☞ να διατυπώνουν την σημασία της επαναφοράς (ξανα-κλεισίματος) του αυτόματου διακόπτη.
- ☞ να σχεδιάζουν το μονογραμμικό διάγραμμα ενός υποσταθμού με ένα ή δύο Μ/Σ και να ξεχωρίζουν τα βασικά του μέρη.

1.1 Δίκτυα μέσης τάσης

Οι βιομηχανικοί καταναλωτές, δηλαδή τα εργοστάσια και οι μεγάλες βιοτεχνίες αλλά και μεγάλα συγκροτήματα κτιρίων (νοσοκομεία, κτίρια γραφείων) έχουν εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ πολύ μεγάλη.

Θυμίζουμε ότι με τον όρο **εγκατεστημένη ισχύς** εννοούμε το άθροισμα των ονομαστικών ισχύων (σε kW), όλων των ηλεκτρικών συσκευών που υπάρχουν στο κτίριο.

Επειδή είναι πρακτικά αδύνατον να συμβεί όλες οι ηλεκτρικές συσκευές να δουλεύουν ταυτόχρονα στην ονομαστική τους ισχύ, έχουμε την έννοια της **απορροφούμενης ή ζητούμενης ισχύος**.

Η ισχύς που ζητάμε από το δίκτυο της ΔΕΗ, είναι η ζητούμενη ισχύς που προφανώς είναι μικρότερη από την εγκατεστημένη.

Κατά κανόνα, μέχρι τη ζητούμενη ισχύ των 135 kVA (παροχή αριθμός 6 της ΔΕΗ), η ΔΕΗ μας συνδέει στο δίκτυο χαμηλής τάσης των 400 V και έτσι έχουμε τους **καταναλωτές χαμηλής τάσης**. Όταν όμως η ζήτηση ξεπεράσει το όριο των 135 kVA, τότε επιβάλλεται η σύνδεση του καταναλωτή με το δίκτυο μέσης τάσης και έτσι έχουμε τους **καταναλωτές μέσης τάσης**.

Με τον όρο μέση τάση εννοούμε τα δίκτυα της ΔΕΗ με ονομαστική (πολική) τάση 20 kV (20.000 V).

Σε κάποιες περιοχές της Ελλάδας (ακόμα και στο κέντρο της Αθήνας) συναντάμε ακόμα και σήμερα δίκτυα μέσης τάσης με ονομαστική τάση 3.3, 6.6 ή 15 kV. Τα δίκτυα αυτά είναι κατάλοιπα των ηλεκτρικών δικτύων που προϋπήρχαν στη χώρα μας πριν από τη δημιουργία της ΔΕΗ (Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού) το 1953. Σταδιακά όμως η ΔΕΗ μετατρέπει όλα τα παλαιά δίκτυα μέσης τάσης σε δίκτυα 20 kV.

Λέγοντας μέση τάση, στην Ελλάδα και σε όλη την Ευρώπη, εννοούμε την τάση των 20 kV. Η τάση αυτή είναι πάντα πολική τάση, δηλαδή είναι η τάση μεταξύ δύο φάσεων. Στη μέση τάση δεν χρησιμοποιείται η φασική τάση, δηλαδή η τάση μεταξύ φάσης και ουδετέρου, διότι δεν υπάρχει αγωγός ουδετέρου.

Η μέση τάση είναι απαραίτητη για τη μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρικής ισχύος σε αποστάσεις μεγαλύτερες από 1000 m περίπου.

Έτσι τα δίκτυα μέσης τάσης τα συναντάμε σε όλες τις αστικές ή αγροτικές περιοχές.

Για τη μεταφορά ενέργειας σε μεγαλύτερες αποστάσεις, π.χ από την Πτολεμαΐδα στην Αθήνα χρησιμοποιούνται τάσεις 150 ή 400 kV και τα δίκτυα αυτά τα ονομάζουμε δίκτυα υψηλής και υπερ-υψηλής τάσης αντίστοιχα.

Ο παρακάτω Πίνακας 1.1 μας δείχνει συνοπτικά τα είδη των τάσεων που υπάρχουν σήμερα σε όλη την Ευρώπη.

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.1, μπορούμε να ξεχωρίσουμε την τάση κάθε δικτύου από το ύψος των μονωτήρων. Στη μέση τάση (20 kV) το ύψος των μονωτήρων είναι περίπου 20 cm ενώ στην υπερ-υψηλή τάση (400 kV) το ύψος των μονωτήρων είναι περίπου 2 m.

Τα δίκτυα μέσης τάσης χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- Ακτινικά δίκτυα
- Βροχοειδή δίκτυα

| Πίνακας 1.1, Τυποποιημένες τάσεις μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας | |
|--|------------------|
| Περιγραφή | Πολική Τάση [kV] |
| Υπερ-υψηλή τάση (ΥΥΤ) | 400 |
| Υψηλή τάση (ΥΤ) | 150 |
| Μέση τάση (ΜΤ) | 20 |
| Χαμηλή τάση (ΧΤ) | 0,4 |



Εικόνα 1.1 Ηλεκτρικές γραμμές μεταφοράς
(α) δίκτυο 150 kV
(β) δίκτυο 20 kV
(γ) υποσταθμός 150/20 kV

1.1.1 Ακτινικά δίκτυα μέσης τάσης

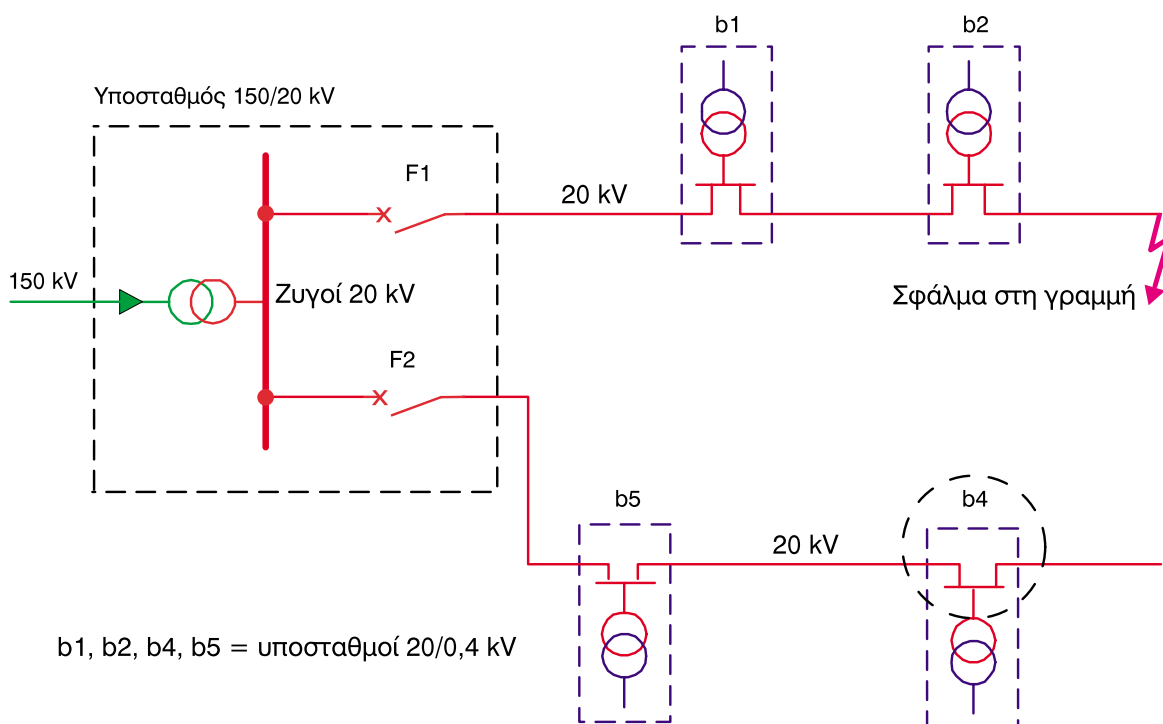
Στα ακτινικά δίκτυα οι γραμμές των 20 kV (συνήθως εναέριες) αναχωρούν από τον κεντρικό υποσταθμό 150/20 kV της ΔΕΗ και απλώνονται σαν τις ακτίνες ενός κύκλου, από όπου και το όνομά τους, δηλαδή ακτινικά (Εικόνα 1.1.1). Κατά μήκος κάθε γραμμής συνδέονται οι καταναλωτές Μέσης Τάσης. Κάθε καταναλωτής Μέσης Τάσης πρέπει να διαθέτει το δικό του ιδιωτικό υποσταθμό για να μπορέσει να συνδεθεί με ασφάλεια στο δίκτυο της Μέσης Τάσης.

Βασικό μειονέκτημα των ακτινικών δικτύων είναι ότι σε περίπτωση σφάλματος κατά μήκος της γραμμής, ο διακόπτης ισχύος (circuit-breaker) F1 (Εικόνα 1.1.1) που υπάρχει στην αρχή της γραμμής ανοίγει με αποτέλεσμα όλοι οι καταναλωτές που υπάρχουν κατά μή-

κος της γραμμής να μείνουν χωρίς τάση. Οι συνέπειες της απώλειας της μέσης τάσης για τους καταναλωτές είναι κρίσιμες και, πολλές φορές, επικίνδυνες.

Στην περίπτωση εγκαταστάσεων με ηλεκτρικά φορτία που δεν πρέπει να μείνουν πολύ χρόνο εκτός λειτουργίας, π.χ νοσοκομεία, στρατιωτικές εγκαταστάσεις, ψυγεία, χημικές βιομηχανίες κ.λπ., η απώλεια της μέσης τάσης αντιμετωπίζεται με την ύπαρξη ενός τοπικού ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους (ντηζελομηχανή και γεννήτρια 400 V). Το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος αναλαμβάνει να τροφοδοτήσει τα κρίσιμα φορτία της εγκατάστασης, μέχρι την αποκατάσταση του σφάλματος και την επαναφορά της μέσης τάσης στο δίκτυο της ΔΕΗ.

Για το λόγο αυτό τα ακτινικά δίκτυα δεν είναι πολύ διαδεδομένα στη μέση τάση. Αντίθετα, στη χαμηλή τάση, το σύνολο των δικτύων είναι ακτινικού τύπου.



Εικόνα 1.1.1 Ακτινικό δίκτυο μέσης τάσης

1.1.2 Βροχοειδή (ring main) δίκτυα μέσης τάσης

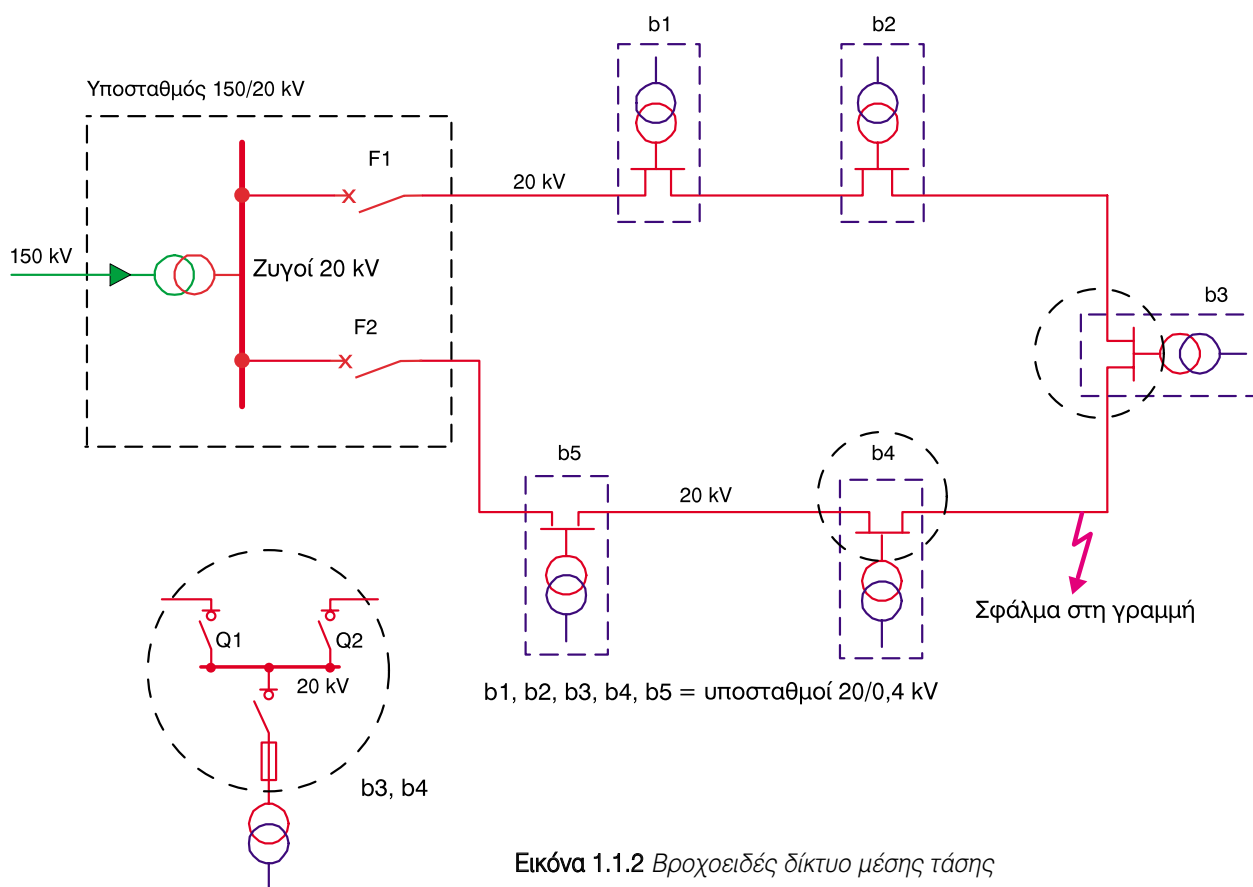
Το βασικό μειονεκτήματα των ακτινικών δικτύων ξεπερνιέται με τα βροχοειδή δίκτυα.

Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 1.1.2, οι γραμμές των 20 kV (εναέριες ή υπόγεια καλώδια) που αναχωρούν από τον κεντρικό υποσταθμό 150/20 kV της ΔΕΗ, σχηματίζουν ένα κλειστό βρόχο που ξανακαταλήγει στους ζυγούς των 20KV του υποσταθμού 150/20 kV.

Κατα μήκος του βρόχου συνδέονται οι καταναλωτές b1, b2, b3, b4, b5. Ο βρόχος προστατεύεται στις δύο άκρες του με τους διακόπτες ισχύος F1, F2. Σε περίπτωση σφάλματος σε κάποιο σημείο του

βρόχου, π.χ στο τμήμα b3, b4 λειτουργούν οι προστασίες των διακοπών F1, F2, οι διακόπτες ανοίγουν και ο βρόχος μένει χωρίς τάση. Αφού εντοπίσουμε τη θέση του σφάλματος, ανοίγουμε τους διακόπτες φορτίων Q1 στο b3 και Q2 στο b4 και απομονώνουμε το τμήμα b3, b4. Ξανακλείνουμε τους διακόπτες F1, F2 και επανέρχεται η μέση τάση στο δίκτυο. Το βροχοειδές δίκτυο τώρα λειτουργεί σαν δύο ακτινικά δίκτυα.

Τα συνεργεία αποκαθιστούν τη ζημιά, οι διακόπτες φορτίου Q1, Q2 ξανακλείνουν και ο βρόχος επανέρχεται στην κανονική του λειτουργία.



Εικόνα 1.1.2 Βροχοειδές δίκτυο μέσης τάσης

1.1.3 Σφάλματα στα εναέρια δίκτυα μέσης τάσης

Τους χειμερινούς μήνες, ο δυνατός άνεμος ή ο σχηματισμός πάγου μπορεί να φέρουν σε επαφή τους αγωγούς των εναερίων γραμμών, δημιουργώντας στιγμιαία ένα προσωρινό βραχυκύκλωμα μεταξύ των φάσεων ή μεταξύ φάσης και γης.

Τους καλοκαιρινούς μήνες, η αστοχία στη μόνωση των ραγισμένων μονωτήρων σε συνδυασμό με τη σκόνη που επικάθεται στους μονωτήρες δημιουργεί υπερπηδήσεις που προκαλούν βραχυκυκλώματα μεταξύ φάσης και γης.

Τα περισσότερα από αυτά τα σφάλματα είναι αυτο-καθαριζόμενα. Για παράδειγμα, η έντονη ζέστη που δημιουργεί το ηλεκτρικό τόξο έχει σαν αποτέλεσμα να καθαρίσει τη διαδρομή του ρεύματος, π.χ να λιώσει ο πάγος, με συνέπεια την αποκατάσταση της μόνωσης.

Εν τω μεταξύ η προστασία της γραμμής έχει δώσει εντολή και ο διακόπτης ισχύος στην αρχή της γραμμής ανοίγει (πολλές φορές λέμε πέφτει αντί ανοίγει).

Η εμπειρία μας έχει δείξει ότι τις περισσότερες φορές η απλή επαναφορά της τάσης με το ξανα-κλείσιμο του διακόπτη ισχύος είναι αρκετή για να επαναφέρει το δίκτυο στην κανονική του κατάσταση.

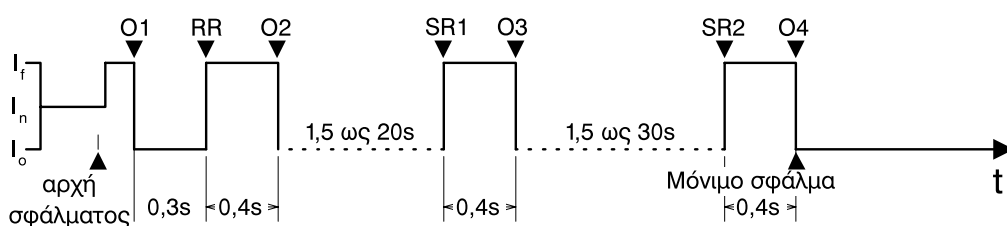
Έτσι, είναι δυνατόν να βελτιώσουμε την αξιοπιστία των εναέριων δικτύων δίνοντας απλά εντολή στο διακόπτη ισχύος να εκτελέσει περισσότερους

(συνήθως τρεις) κύκλους λειτουργίας (άνοιγμα-κλείσιμο), όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.1.3β.

Οι επαναφορές δεν εκτελούνται στα υπόγεια δίκτυα, γιατί τα σφάλματα εκεί είναι κατά κανόνα μόνιμα.



Εικόνα 1.1.3α Διακόπτης ισχύος στην αρχή της γραμμής



O = Άνοιγμα διακόπτη

RR = Γρήγορο επανακλείσιμο

SR = Αργό επανακλείσιμο

I_o = μηδενικό ρεύμα

I_n = κανονικό ρεύμα γραμμής

I_f = ρεύμα σφάλματος

Εικόνα 1.1.3β Κύκλοι επαναφοράς αυτόματου διακόπτη στην αρχή της εναέριας γραμμής

1.1.4 Σφάλματα στα υπόγεια δίκτυα μέσης τάσης

Στις αστικές περιοχές και ειδικά στα κέντρα των πόλεων τα δίκτυα μέσης τάσης για λόγους αισθητικούς και πρακτικούς δεν μπορούν να είναι εναέρια. Έτσι τα δίκτυα μέσης τάσης κατασκευάζονται υπόγεια χρησιμοποιώντας καλώδια ονομαστικής τάσης 20 kV.

Τα σφάλματα στα υπόγεια δίκτυα καλωδίων μερικές φορές οφείλονται στην απροσεξία κατά τη διάρκεια της κατασκευής τους, π.χ κακές συνδέσεις (μούφες) ή κακό τράβηγμα κατά την εγκατάσταση.

Τις περισσότερες φορές οφείλονται σε εκτελούμενες εργασίες από συνεργεία άλλων δημοσίων υπηρεσιών, π.χ Εταιρεία Ύδρευσης - Αποχέτευσης, που χρησιμοποιούν εκσκαφείς, κομπρεσέρ κ.λπ.

Άλλες φορές παρατηρείται λόγω υπερτάσεων, αστοχία στα ακροκιβώτια των καλωδίων 20 kV, στα σημεία που αυτά συνδέονται με εναέριες γραμμές. Οι υπερτάσεις αυτές είναι κατά κανόνα ατμοσφαιρικής προέλευσης (κεραυνοί).

Σε αυτά τα σημεία χρησιμοποιούμε απαγωγείς τάσεις (αλεξικέραυνα), έτσι ώστε το κρουστικό κύμα να εκτονωθεί προς τη γη πριν συναντήσει το υπόγειο καλώδιο.

Τα σφάλματα στα υπόγεια δίκτυα είναι πολύ λιγότερα από τα σφάλματα στις εναέριες γραμμές αλλά είναι κατά κανόνα περισσότερο μόνιμα, δηλαδή χρειάζεται πολύ περισσότερος χρόνος για τον εντοπισμό και την αποκατάστασή τους από τα συνεργεία του παροχέα ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΗ).



Εικόνα 1.1.4 Εγκατάσταση υπόγειων καλωδίων σε δίκτυο 20 kV

1.1.5 Τύποι παροχών μέσης τάσης

Η ΔΕΗ έχει τυποποιήσει τέσσερις τύπους παροχών μέσης τάσης που αναφέρονται στον παρακάτω Πίνακα 1.2.

Παροχή τύπου A1 και A2

Η παροχή αυτή γίνεται από το εναέριο δίκτυο των 20 kV και είναι η απλούστερη σε διατάξεις. Τα μέσα που χρησιμοποιεί η ΔΕΗ, δηλαδή ασφαλειοαποζεύκτης, Μ/Σ μέτρησης έντασης και τάσης είναι πάνω σε στύλο, δηλαδή υπαίθρια (Εικόνα 1.1.5). Οι μετρητές ενέργειας τοποθετούνται σε ειδικό ερμάριο. Από το στύλο αναχωρεί καλωδιακή γραμμή προς τον υποσταθμό του καταναλωτή, την οποία κατασκευάζει ο καταναλωτής. Η παροχή A1 ασφαλίζεται με ασφάλειες εκτόνωσης βραδείας τήξης ονομαστικής έντασης μέχρι 30 A. Η παροχή A2 διαφέρει από την A1 στο ότι χρησιμοποιεί διακόπτη απομόνωσης αντί ασφαλειοαποζεύκτη.

Παροχή τύπου B1 και B2

Η παροχή αυτή εγκαθίσταται σε καταναλωτές με αυξημένη ζήτηση ισχύος και η εγκατάσταση της ΔΕΗ είναι εσωτερικού τύπου. Ο καταναλωτής είναι υποχρεωμένος να διαθέσει στη ΔΕΗ ένα χώρο διαμορφωμένο σύμφωνα με τις οδηγίες της ΔΕΗ. Στο χώρο αυτό η ΔΕΗ εγκαθιστά έναν προκατασκευασμένο πίνακα 20 kV που περιλαμβάνει εκτός των διακοπών, τους Μ/Σ μέτρησης και τους μετρητές ενέργειας. Η σύνδεση με το δίκτυο της ΔΕΗ γίνεται κατά κανόνα ακτινικά, αν πρόκειται για εναέριο δίκτυο ή βροχοειδώς, αν πρόκειται για υπόγειο δίκτυο. Στη βροχοειδή σύνδεση έχουμε δύο καλώδια που οδεύουν από το δίκτυο της ΔΕΗ στον καταναλωτή. Το ένα καλώδιο της παροχής προέρχεται από τον προηγούμενο καταναλωτή και το άλλο καλώδιο της παροχής οδηγεί στον επόμενο καταναλωτή (Εικόνα 1.1.2).

| Πίνακας 1.2 Τυποποιημένες παροχές μέσης τάσης της ΔΕΗ | | |
|---|------------------------|------------------------------------|
| Τύπος | Εγκατάσταση μέτρησης | Μέγιστη ισχύς μετασχηματιστή |
| A1 | Εξωτερικά (υπαίθρια) | 630 kVA |
| A2 | Εξωτερικά (υπαίθρια) | Περιορισμένη μόνο από το δίκτυο MT |
| B1 | Εσωτερικά (στεγασμένη) | 1250 kVA |
| B2 | Εσωτερικά (στεγασμένη) | Περιορισμένη μόνο από το δίκτυο MT |



Εικόνα 1.1.5
Μέτρηση παροχής
τύπου A1 ή A2

δίοδος μετασχηματιστής
μέτρησης τάσης

πηνίο μετασχηματιστής
μέτρησης έντασης

1.1.6 Υποσταθμός καταναλωτή μέσης τάσης

Με τον όρο **υποσταθμός καταναλωτή μέσης τάσης** ή απλά υποσταθμός (Υ/Σ) εννοούμε το σύνολο του εξοπλισμού που έχει σαν στόχο τον ασφαλή υποβιβασμό της Μέσης Τάσης (20 kV) σε Χαμηλή Τάση (400 V).

Χαμηλή Τάση χαρακτηρίζεται η τάση που είναι μικρότερη από 1000 V.

Μέση Τάση χαρακτηρίζεται η τάση που είναι μεγαλύτερη από 1000 V και μικρότερη από 30.000 V.

Στην Ελλάδα αλλά και σε όλη την Ευρώπη η χαμηλή τάση που χρησιμοποιείται είναι η τάση 400/230 V.

Όπως φαίνεται και στο μονογραμμικό διάγραμμα της Εικόνας 1.1.6, τα βασικά μέρη ενός υποσταθμού καταναλωτή είναι:

- **Ο Πίνακας 20 kV**

Στον πίνακα 20 kV έρχεται το καλώδιο από το δίκτυο της ΔΕΗ και αναχωρεί το καλώδιο προς το μετασχηματιστή (Μ/Σ). Αν ο υποσταθμός έχει και δεύτερο Μ/Σ τότε για κάθε Μ/Σ υπάρχει ξεχωριστή γραμμή από τον πίνακα 20 kV. Κάθε μετασχηματιστής προστατεύεται με ασφάλειες σκόνης ή διακόπτη ισχύος με ηλεκτρονόμους προστασίας.

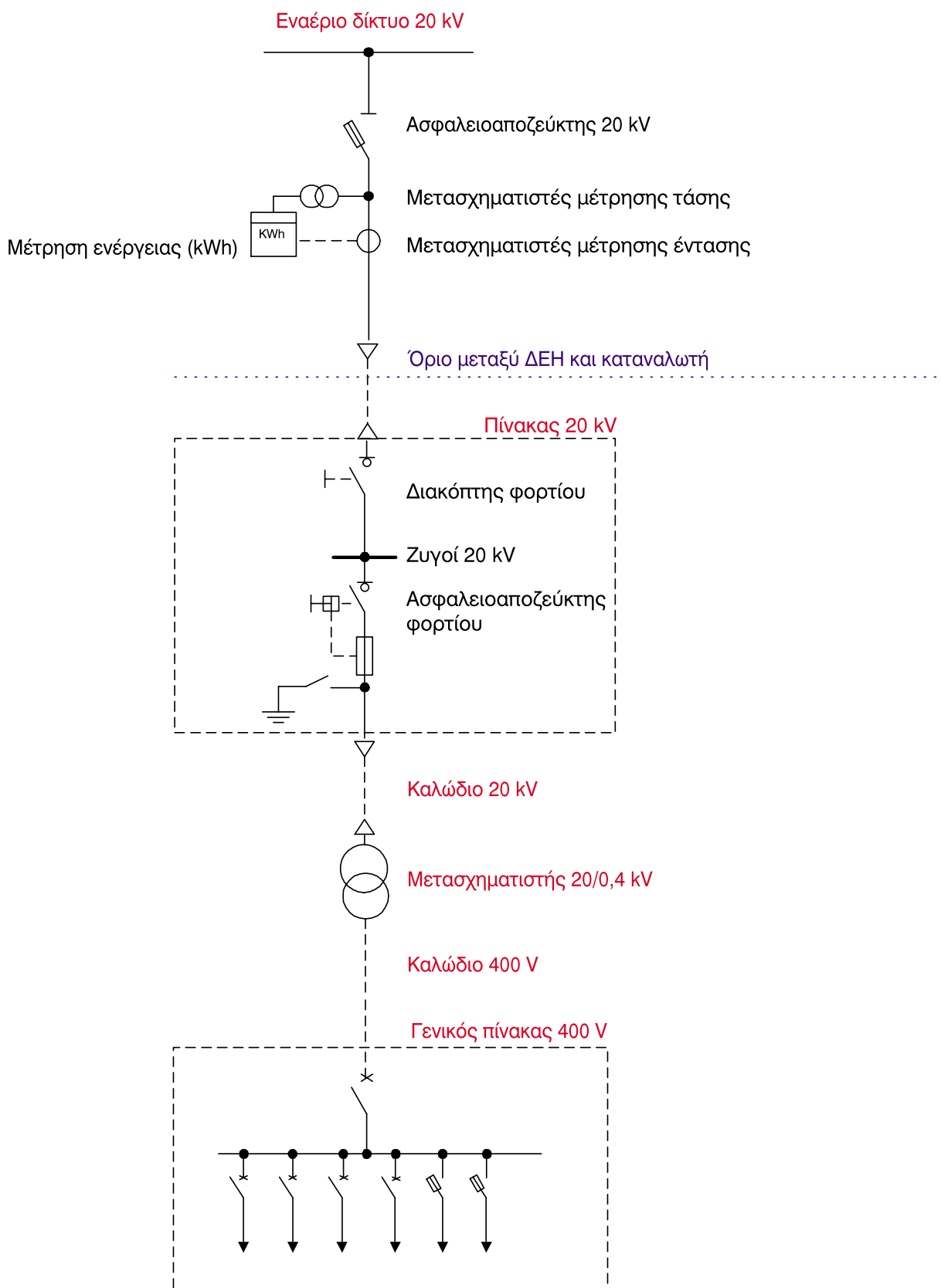
- **Ο Μετασχηματιστής 20/0,4 kV**

Ο μετασχηματιστής υποβιβάζει την τάση των 20 kV σε τάση διανομής 400 V για τα φορτία του καταναλωτή. Το πρωτεύον τύλιγμά του είναι σε τρίγωνο (Δ) και το δευτερεύον τύλιγμά του σε αστέρα (Υ) με γειωμένο τον ουδέτερο κόμβο.

- **Ο Γενικός Πίνακας 400 V**

Στο γενικό πίνακα 400 V έρχεται το ρεύμα χαμηλής τάσης με τη βοήθεια καλωδίων ή εγκιβωτισμένων ζυγών αν το ρεύμα είναι πολύ μεγάλο (> 2000 A). Στην άφιξη του πίνακα υπάρχει ένας διακόπτης ισχύος με θερμική και μαγνητική προστασία. Οι αναχωρήσεις προστατεύονται με διακόπτες ισχύος ή τηκτές ασφάλειες και τροφοδοτούν τους πίνακες διανομής 400/230 V που υπάρχουν στην εγκατάσταση του καταναλωτή.

Όταν ο Υ/Σ έχει δύο Μ/Σ τότε ο Πίνακας 400 V διαθέτει δύο αφίξεις (εισόδους) και οι ζυγές τους χωρίζονται σε δύο μέρη. Τα δύο μέρη των ζυγών συνδέονται με διακόπτη ισχύος.



Εικόνα 1.1.6 Μονογραμμικό διάγραμμα υποσταθμού μέσης τάσης παροχής Α1

Δίκτυα μέσης τάσης

Ερωτήσεις

1. Τι ονομάζουμε εγκατεστημένη και τι απορροφούμενη (ή ζητούμενη) ηλεκτρική ισχύ; Ποια είναι μεγαλύτερη και γιατί ;
2. Ποιες ήταν οι τιμές σε kV των ονομαστικών τάσεων, διανομής μέσης τάσης, που είχαμε στην Ελλάδα; Γιατί στόχος της ΔΕΗ είναι η αντικατάσταση όλων με την τιμή των 20 kV.
3. Κοιτώντας ένα εναέριο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας πώς μπορούμε να ξεχωρίσουμε την ονομαστική του τάση ;
4. Τι ονομάζουμε ακτινικά δίκτυα; Πού τα συναντάμε συχνά ;
5. Τι ονομάζουμε βροχοειδή δίκτυα; Πού τα συναντάμε συχνά ;
6. Γιατί τα σφάλματα στα εναέρια δίκτυα μέσης τάσης είναι συχνότερα από τα σφάλματα στα υπόγεια δίκτυα μέσης τάσης ;

Ασκήσεις

1. Στο μπλοκ σχεδίου να σχεδιάσετε το πολυγραμμικό διάγραμμα που αντιστοιχεί στο μονογραμμικό της Εικόνας 1.1.6.
2. Στο μπλοκ σχεδίου να σχεδιάσετε το μονογραμμικό διάγραμμα ενός Υποσταθμού Μέσης τάσης, με δύο Μ/Σ που λειτουργούν ανεξάρτητα, δηλαδή δεν είναι παραλληλισμένοι στην πλευρά της Χαμηλής τάσης.
3. Στο μπλοκ σχεδίου να σχεδιάσετε το μονογραμμικό διάγραμμα ενός Υποσταθμού Μέσης τάσης, με δύο Μ/Σ που λειτουργούν παράλληλα.