ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΕΜΙΝΑΡΙΑ ΝΑΥΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

ΣΕΜΙΝΑΡΙΟ 01

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ ΠΛΟΙΩΝ

Shipboard High Voltage Systems

Παραγωγή • Διανομή • Εξοπλισμός • Ασφάλεια

ΕΠΑΛ 17–19 ετών | Ελληνικά & αγγλικοί τεχνικοί όροι



Τι θα μπορείς να κάνεις στο τέλος

Μετρήσιμοι μαθησιακοί στόχοι

Αναγνωρίζω

Γεννήτρια, ζυγούς, πίνακα ΥΤ, μετασχηματιστή, διακόπτη και ηλεκτροκινητήρα.

Εξηγώ

Πώς η ισχύς παράγεται, διανέμεται και χρησιμοποιείται. Γιατί ένα πλοίο επιλέγει υψηλότερη τάση.

Αξιολογώ

Τι αλλάζει σε διαφορετικούς τύπους πλοίων και ποιοι είναι οι βασικοί κίνδυνοι ΥΤ.

Το συμβόλαιο ασφάλειας

Εκπαίδευση κατανόησης — όχι εκπαίδευση εξουσιοδοτημένου χειριστή

Επιτρέπεται

Μελέτη σχεδίων, υπολογισμοί, ερμηνεία βλαβών και παρατήρηση προσομοιωμένων ενδείξεων.

Δεν επιτρέπεται

Άνοιγμα ηλεκτρικού πεδίου, μέτρηση ή δοκιμή σε ζωντανό εξοπλισμό ΥΤ από μαθητές.

Στο πραγματικό πλοίο

Ισχύουν εξουσιοδότηση, εγκεκριμένες διαδικασίες πλοίου, τεχνικά εγχειρίδια και κατάλληλη επίβλεψη.

Προτεινόμενη διδασκαλία: 6 × 45 λεπτά

Ο χρόνος είναι ενδεικτικός και προσαρμόζεται στη δυνατότητα της τάξης.

Ώρα	Περιεχόμενο	Δραστηριότητα
1η	Ηλεκτρικά μεγέθη • 3φ ισχύς • γεννήτρια	Αρχικές ερωτήσεις
2η	ΥΤ • ρεύματα • απώλειες • μετασχηματιστής	Λυμένο παράδειγμα
3η	Πίνακες • προστασίες • κινητήρες • VFD	Διαγράμματα
4η	Αρμονικές • shore power • 3 τύποι πλοίων	Μελέτη περίπτωσης
5η	Ηλεκτρικοί κίνδυνοι • interlocking • blackout	Ανάλυση συμβάντος
6η	Επανάληψη • αξιολόγηση • μικρό σχέδιο δικτύου	Ομαδική εργασία

Πριν αρχίσουμε: τρεις ερωτήσεις

Ζητάμε την αρχική ιδέα, όχι απαραίτητα τη σωστή απάντηση.

1. Ποια μηχανή συνδέεται μηχανικά με την ηλεκτρογεννήτρια;

2. Γιατί δεν μπορούμε να τροφοδοτήσουμε όλα τα μεγάλα φορτία με 230 V;

3. Τι μπορεί να συμβεί όταν χαθεί η κύρια ηλεκτρική παροχή;

Επιστρέφουμε στις ίδιες ερωτήσεις στο τέλος του σεμιναρίου.

A

Παραγωγή και διανομή

Από το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος στον καταναλωτή.

Τριφασικό AC

Ισχύς

Υψηλή τάση

Το πλοίο είναι ένα αυτόνομο ηλεκτρικό δίκτυο

Ακόμη και χωρίς ηλεκτρική πρόωση, η λειτουργία του πλοίου χρειάζεται ισχυρή τροφοδότηση.



Ενδεικτικά φορτία:

- Αντλίες καυσίμου, θαλασσινού νερού και λιπαντικού.
- Κλιματισμός, αερισμός και φωτισμός.
- Αυτοματισμοί και όργανα ναυτιλίας.
- Ψυκτικά φορτία και μεγάλοι ηλεκτροκινητήρες.

Πώς παράγεται η ηλεκτρική ενέργεια;

Στο ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος, η μηχανική ισχύς μετατρέπεται σε ηλεκτρική.



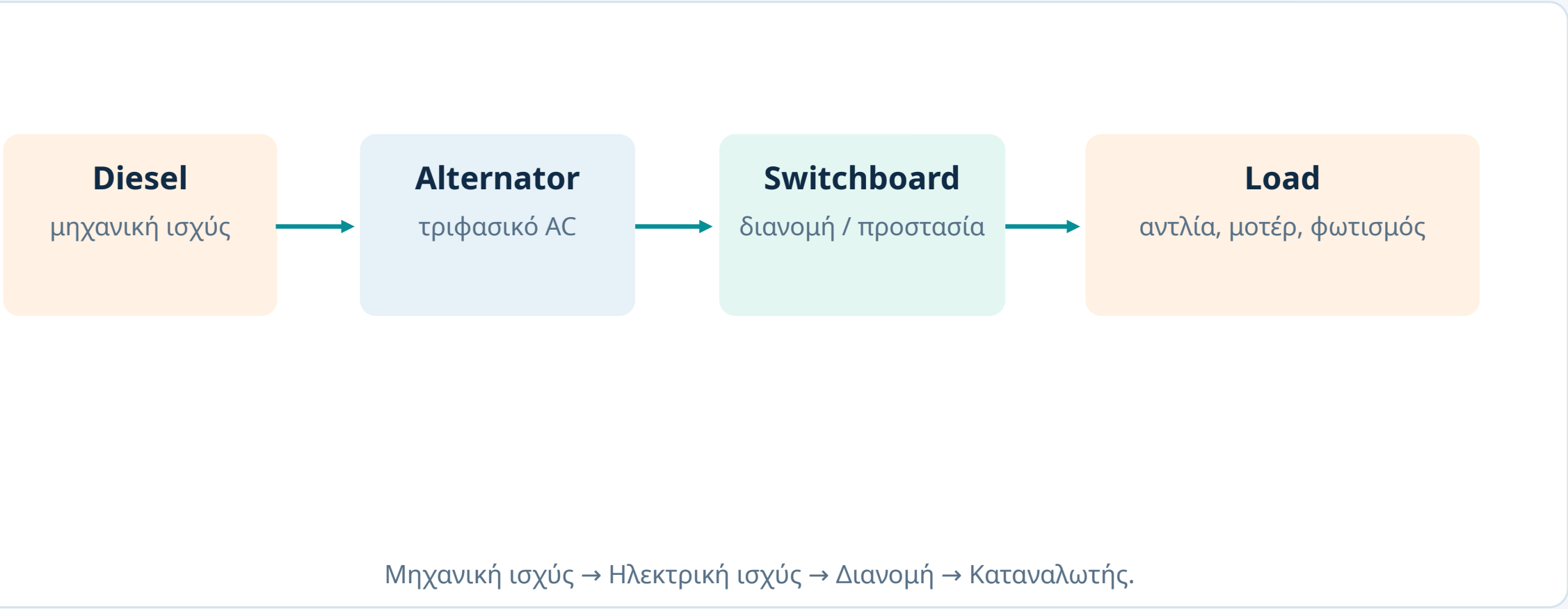
1. Ο κινητήρας Diesel δίνει ροπή στον άξονα.

2. Ο εναλλακτήρας (Alternator) παράγει τριφασική εναλλασσόμενη τάση.

3. Με τη διακοπτική και προστατευτική διάταξη η γεννήτρια συνδέεται σε κατάλληλο τμήμα του δικτύου.

Η διαδρομή της ισχύος: από τη μηχανή στο φορτίο

Τα κουτιά περιγράφουν ενεργειακές λειτουργίες, όχι πραγματική αλληλουχία χειρισμών.



Μηχανική ισχύς → Ηλεκτρική ισχύς → Διανομή → Καταναλωτής.

Τριφασικό εναλλασσόμενο ρεύμα (3φ AC)

Τρεις φασικές τάσεις ίδιας συχνότητας, με μετατόπιση 120° σε ισορροπημένο σύστημα.

Τρία ημιτονοειδή

Συμμετρικό σύστημα: οι φάσεις μετατοπίζονται κατά 120 ηλεκτρικές μοίρες.

Συχνότητα f

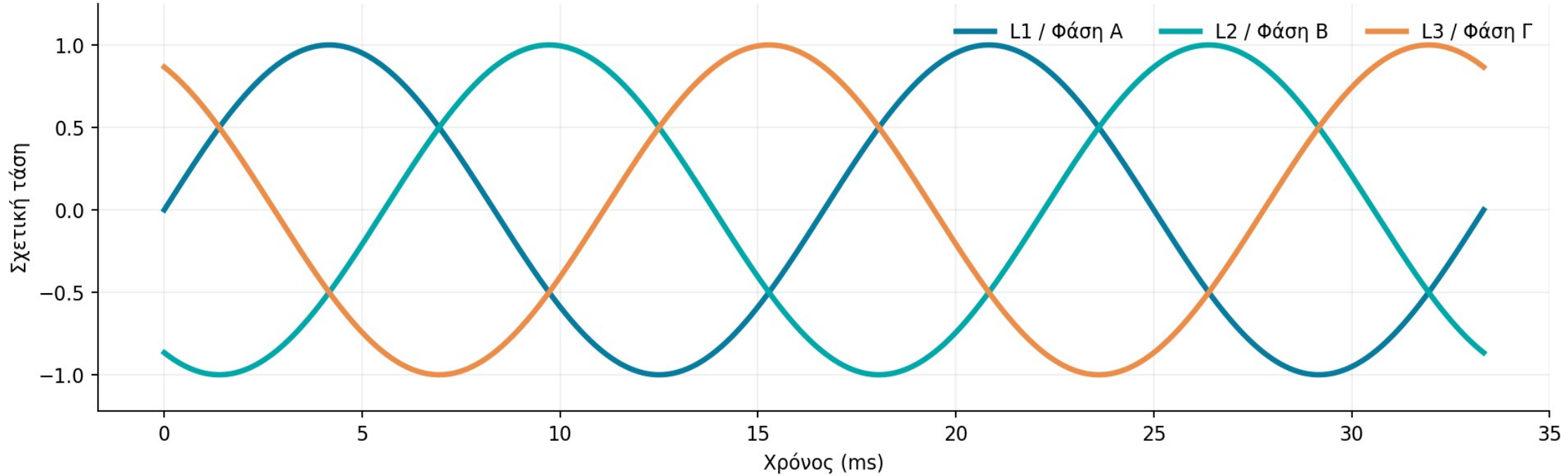
Συνηθισμένες συχνότητες σε ναυτικές εγκαταστάσεις: 50 Hz ή 60 Hz, ανάλογα με σχεδίαση.

Κινητήρες

Οι τριφασικές τάσεις τροφοδοτούν κατάλληλους AC κινητήρες και δημιουργούν περιστρεφόμενο πεδίο.

Οι τρεις φάσεις σε μία εικόνα

Εκπαιδευτικό μαθηματικό σχήμα 60 Hz — ισορροπημένες ημιτονοειδείς τάσεις.



Ίδια περίοδος T = 1/f ≈ 16,7 ms • Διαφορά φάσης = 120°

Τα βασικά ηλεκτρικά μεγέθη

Η μονάδα και η φυσική σημασία δεν είναι το ίδιο πράγμα.

Τάση U — Volt (V)

Διαφορά ηλεκτρικού δυναμικού μεταξύ δύο σημείων. Για τον τύπο 3φ θα χρησιμοποιήσουμε την πολική τάση.

Ρεύμα I — Ampere (A)

Ρυθμός διέλευσης ηλεκτρικού φορτίου. Το ρεύμα απαιτεί σωστή επιλογή αγωγών και προστασιών.

Ισχύς P — Watt (W)

Ρυθμός μεταφοράς ή μετατροπής ενέργειας. 1 MW = 1.000 kW = 1.000.000 W.

Ενεργός, άεργος και φαινόμενη ισχύς

Οι τρεις ποσότητες δεν πρέπει να συγχέονται.

P — ενεργός (kW)

Το μέρος που μετατρέπεται σε έργο και θερμότητα. Στους κινητήρες συνδέεται με την ωφέλιμη μηχανική ισχύ και τις απώλειες.

Q — άεργος (kvar)

Σχετίζεται με ανταλλαγή ενέργειας σε επαγωγικά και χωρητικά στοιχεία του AC συστήματος.

S — φαινόμενη (kVA)

Στη συμμετρική 3φ ημιτονοειδή λειτουργία: $S = \sqrt{3} \times U \times I$. Ισχύει $P = S \times \cos\phi$.

Ο τύπος τριφασικής ενεργού ισχύος

Συμμετρικό τριφασικό φορτίο και ημιτονοειδής λειτουργία.

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos\phi$$

Τι σημαίνει κάθε σύμβολο

P: ενεργός ισχύς (W)
U: πολική τάση (V)
I: ρεύμα γραμμής (A)

Ο συντελεστής ισχύος

cosφ: λόγος P/S σε συμμετρική ημιτονοειδή λειτουργία. Δεν εφαρμόζουμε απερίσκεπτα τον τύπο σε παραμορφωμένα φορτία.

Λυμένο παράδειγμα — ισχύς 1 MW

Ίδιο P = 1.000.000 W και cosφ = 0,80, διαφορετική πολική τάση.

$$I = P / (\sqrt{3} \times U \times \cos\phi)$$

440 V (χαμηλή τάση)

I = 1.000.000 / (1,732 × 440 × 0,80)
I ≈ 1.640 A

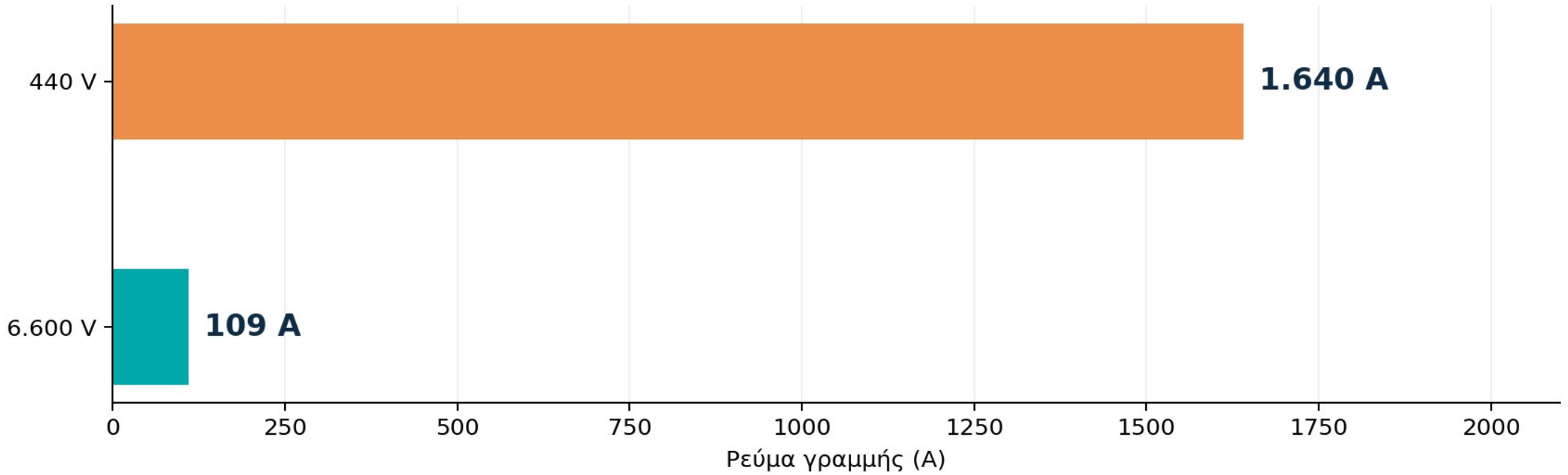
6.600 V (υψηλή τάση)

I = 1.000.000 / (1,732 × 6.600 × 0,80)
I ≈ 109 A

Με ίδια ενεργό ισχύ και cosφ, 15 φορές μεγαλύτερη τάση ⇒ 15 φορές μικρότερο ρεύμα.

Η ίδια ισχύς δεν σημαίνει ίδιο ρεύμα

Υπολογισμός της προηγούμενης διαφάνειας σε μία σύγκριση.



Σταθερά: P και cosφ • Μεταβάλλεται: η πολική τάση U • Όχι πραγματική μέτρηση.

Απώλειες Joule σε αγωγό

Για την ίδια αντίσταση R, η απώλεια θερμότητας εξαρτάται από το τετράγωνο του ρεύματος.

$$\text{Παπωλ.} = I^2 \times R$$

Αν I = 10 A και R = 1 Ω

Παπωλ. = $10^2 \times 1 = 100$ W

Αν I = 20 A και R = 1 Ω

Παπωλ. = $20^2 \times 1 = 400$ W

Το παράδειγμα κρατά την R σταθερή • Δεν υπολογίζει συνολικές απώλειες ολόκληρου πλοίου.

Τι ονομάζουμε «υψηλή τάση» στο σεμινάριο;

Ο ορισμός αφορά το πλαίσιο ναυτικών AC συστημάτων του IEC 60092-503.

Ενδεικτική ΧΤ

Συστήματα 230 V ή 440 V AC υπάρχουν σε πολλά πλοία. Δεν αποτελούν όριο επιλογής για κάθε πλοίο.

ΥΤ / HV

Στο IEC 60092-503:2021: AC τάσεις μεγαλύτερες από 1 kV έως και 36 kV.

Συνήθεις τιμές

Ενδεικτικά 3,3 kV, 6,6 kV και 11 kV. Η ονομαστική τάση προκύπτει από τη συγκεκριμένη σχεδίαση.

Τι κερδίζουμε και τι πληρώνουμε με την ΥΤ;

Δεν είναι λύση για όλα τα φορτία.

Οφέλη

• Χαμηλότερα ρεύματα για ίδια ισχύ / cosφ.

• Μικρότερες απαιτήσεις λόγω ρεύματος σε τμήματα του δικτύου.

• Καταλληλότητα για μεγάλους κινητήρες και φορτία.

Πρόσθετες απαιτήσεις

• Ισχυρότερη μόνωση και αποστάσεις.

• Ειδικός διακοπτικός εξοπλισμός και προστασίες.

• Αυστηροί κανόνες ασφαλείας και εξουσιοδότηση.

ΕΡΩΤΗΣΗ Α-1

Επιλογή τάσης

Για την ίδια ισχύ και τον ίδιο συντελεστή ισχύος, τι συμβαίνει στο ρεύμα όταν αυξάνεται η τάση;

Σκέψου πρώτα • Εξήγησε το «γιατί» • Συζήτησε με την ομάδα

Απάντηση Α-1 — Επιλογή τάσης

Η τεχνική αιτιολόγηση είναι πιο σημαντική από την απομνημόνευση.

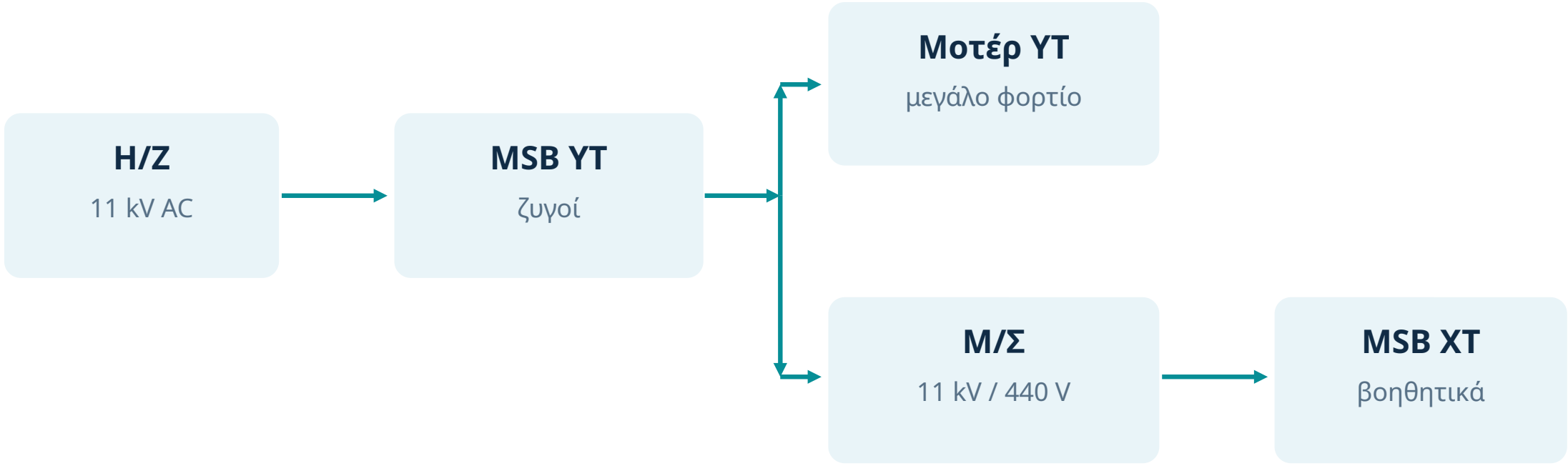
Το ρεύμα μειώνεται.

ΓΙΑΤΙ ΣΥΜΒΑΙΝΕΙ;

Από $I = P / (\sqrt{3} \times U \times \cos\phi)$, με P και $\cos\phi$ σταθερά, ισχύει $I \propto 1/U$.

Απλοποιημένο μονογραμμικό δίκτυο

Ένας γενικός τρόπος να σκεφτόμαστε πηγές, ζυγούς, μετασχηματιστές και φορτία.



Ενδεικτική αρχιτεκτονική. Τα πραγματικά σχέδια έχουν περισσότερες διατάξεις προστασίας.

Ο κύριος πίνακας διανομής (MSB)

Main Switchboard: συγκέντρωση, διανομή, έλεγχος και προστασία.



Πίσω από τις κλειστές θύρες βρίσκονται επιλεγμένοι ζυγοί, διακόπτες και συστήματα προστασίας.

Ο μαθητής αναγνωρίζει εξωτερικά: ταυτότητα πεδίου, όργανα, ενδείξεις και σήματα προειδοποίησης.

Η εικόνα είναι ενδεικτική εικονογράφηση κλειστού εξοπλισμού.

Ζυγοί — Busbars

Ο κοινός αγώγιμος κορμός της διανομής.

Συγκεντρώνουν

Συνδέουν, μέσω κατάλληλου εξοπλισμού, πηγές παραγωγής με αναχωρήσεις προς φορτία.

Κατανέμουν

Διαφορετικά πεδία τροφοδοτούν ομάδες καταναλωτών με δικές τους προστασίες.

Μπορεί να διαιρούνται

Bus sections και bus-tie arrangements διαμορφώνονται ανάλογα με τη μελέτη διαθεσιμότητας και επιλεκτικότητας.

Διακόπτης ισχύος — Circuit Breaker

Δεν είναι απλός διακόπτης φωτισμού.

Άνοιγμα / κλείσιμο

Διακόπτει ή αποκαθιστά ηλεκτρικό κύκλωμα μέσα στα ονομαστικά όρια και τον καθορισμένο σχεδιασμό.

Προστασία

Συνεργάζεται με ηλεκτρονόμους προστασίας για απόζευξη σε αναγνωρισμένα σφάλματα.

Ονομαστικά στοιχεία

Ονομαστική τάση, συνεχές ρεύμα, ικανότητα διακοπής βραχυκυκλώματος, κατάλληλη μόνωση.

Ο μετασχηματιστής υποβιβάζει τάση

Transformer: μαγνητική επαγωγή σε κατάλληλο εναλλασσόμενο πεδίο.

$$U_1\phi / U_2\phi \approx N_1 / N_2$$

Σύμβολα (ανά τύλιγμα)

$U_1\phi$, $U_2\phi$: τάσεις κάθε τυλίγματος
N_1, N_2: αριθμοί σπειρών
Ιδανική προσέγγιση ανά φάση

Τριφασικός Μ/Σ πλοίου

6,6 kV / 440 V: ονομαστικές πολικές τάσεις.
Η σύνδεση αστέρα/τριγώνου (Υ/Δ) επηρεάζει τη σχέση με τις τάσεις τυλιγμάτων.

Προσοχή: ο λόγος πολικών τάσεων δεν ταυτίζεται πάντοτε με τον λόγο σπειρών.

Κύρια και έκτακτη ηλεκτρική τροφοδότηση

Normal Supply και Emergency Supply υπηρετούν διαφορετικό σκοπό.

Κύρια παροχή

Τροφοδοτεί την κανονική λειτουργία του πλοίου, τις βοηθητικές μηχανές και τις σχετικές καταναλώσεις.

Παροχή ανάγκης

Προβλέπεται για απαιτούμενα κρίσιμα φορτία μετά από καθορισμένες βλάβες/απώλεια κύριας παροχής.

Όχι όλα τα φορτία

Η πηγή ανάγκης δεν σχεδιάζεται υποχρεωτικά να διατηρεί κάθε καταναλωτή σε λειτουργία.

ΕΡΩΤΗΣΗ Α-2

Έλεγχος κατανόησης

Ο μετασχηματιστής 6,6 kV / 440 V παράγει επιπλέον ηλεκτρική ισχύ;

Σκέψου πρώτα • Εξήγησε το «γιατί» • Συζήτησε με την ομάδα

Απάντηση Α-2 — Μετασχηματιστής

Η τεχνική αιτιολόγηση είναι πιο σημαντική από την απομνημόνευση.

Όχι. Μετασχηματίζει την τάση.

ΓΙΑΤΙ ΣΥΜΒΑΙΝΕΙ;

Μεταφέρει ισχύ μέσω ηλεκτρομαγνητικής σύζευξης με απώλειες. Η ενεργός ισχύς εξόδου είναι μικρότερη από την εισόδου.

B

Εξοπλισμός και εφαρμογές

Από το πεδίο ΥΤ έως τα φορτία πρόωσης και τα ειδικά πλοία.

- VFD
- Αρμονικές
- Μελέτες περίπτωσης

Πεδία υψηλής τάσης: τι βλέπουμε απέξω;

High-voltage switchgear: κλειστή, ταυτοποιημένη και προστατευμένη κατασκευή.



• Ανεξάρτητα πεδία (cubicles) με διακριτούς προορισμούς.

• Ενδείξεις ηλεκτρικών μεγεθών και προστασιών.

• Σήμανση κινδύνου, μηχανικές ασφαλίσεις και περιορισμένη πρόσβαση.

Δεν συμπεραίνουμε ότι ένας κλειστός πίνακας είναι εκτός τάσης.

Τρεις συνεργαζόμενες λειτουργίες προστασίας

Η ανίχνευση δεν είναι το ίδιο με τη φυσική διακοπή του κυκλώματος.

Μέτρηση / αισθητήρες

Μετασχηματιστές ρεύματος (CT) και τάσης (VT) παρέχουν κατάλληλα σήματα σε μετρητές και προστασίες.

Ηλεκτρονόμος

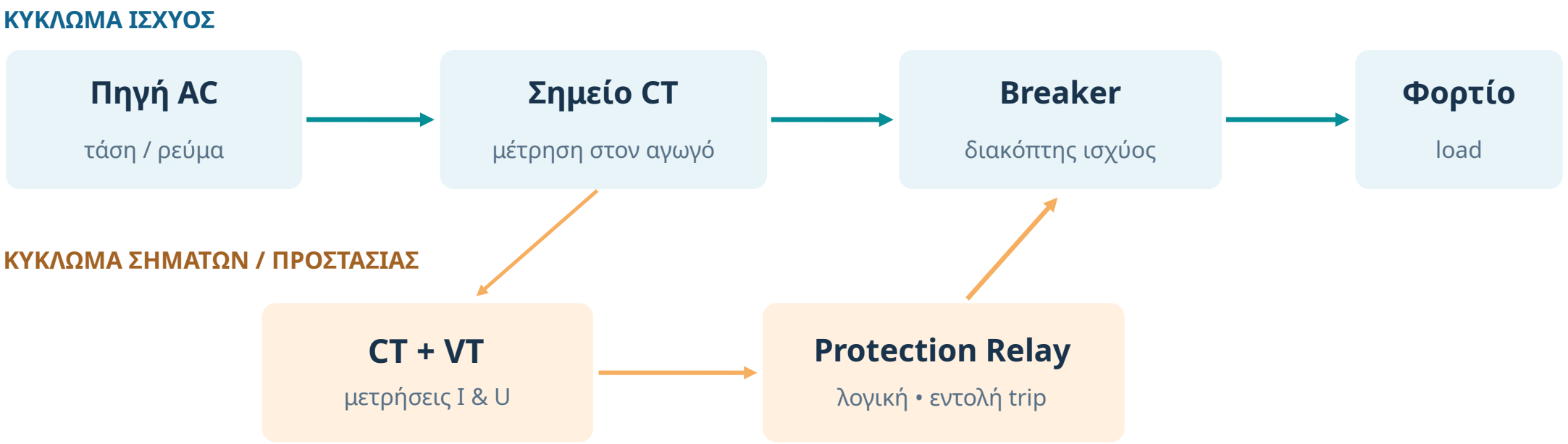
Ο protection relay συγκρίνει συνθήκες/τιμές με καθορισμένη λογική και εκδίδει εντολή όπου απαιτείται.

Διακόπτης ισχύος

Ο circuit breaker είναι το κατάλληλο στοιχείο που πραγματοποιεί τη διακοπή του κυκλώματος.

Ανίχνευση σφάλματος και προστασία

Διακρίνουμε τη διαδρομή ΙΣΧΥΟΣ από το κύκλωμα μέτρησης και την εντολή απόζευξης.



CT μετρά ρεύμα, VT τάση (διαφορετικές συνδέσεις). Το ρελέ δίνει εντολή· ο διακόπτης αποζεύγει.

Τι σημαίνει επιλεκτικότητα προστασίας;

Fault selectivity / discrimination

Σωστός στόχος

Όταν είναι τεχνικά εφικτό, να απομονώνεται το κατάλληλο προβληματικό τμήμα με το μικρότερο δυνατό αποτέλεσμα στην υπόλοιπη παροχή.

Απαιτεί συντονισμό διατάξεων.

Λάθος αντίληψη

«Σε κάθε βλάβη πρέπει να ανοίξουν όλοι οι διακόπτες».

Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε εκτεταμένη απώλεια τροφοδότησης, ενώ η μελέτη προστασιών επιδιώκει ελεγχόμενη απόζευξη.

Μεγάλοι ηλεκτροκινητήρες

Η ΥΤ είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στη μεταφορά μεγάλης ηλεκτρικής ισχύος.

Ηλεκτρική πρόωση

Η ηλεκτρική ισχύς μετατρέπεται σε μηχανική ισχύ στον άξονα/προωστήρα, ανάλογα με την αρχιτεκτονική.

Thrusters

Οι πλαγιοπροωθητήρες και ορισμένες αζιμουθιακές μονάδες έχουν υψηλές ανάγκες ισχύος.

Βοηθητικά

Μεγάλοι συμπιεστές, αντλίες και ανεμιστήρες μπορούν να αποτελούν σημαντικά ηλεκτρικά φορτία.

Δύο διαφορετικές μορφές προώθησης

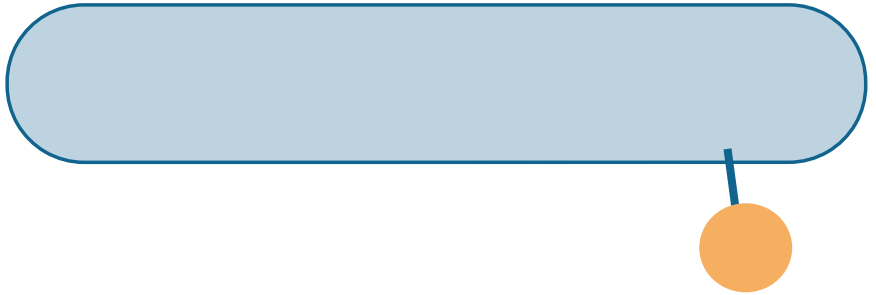
Μη συγχέουμε τον πλαγιοπροωθητήρα εγκάρσιας σήραγγας με τον αζιμουθιακό.

Bow / tunnel thruster



Σήραγγα διαμέσου της γάστρας
→ εγκάρσια ώση

Azimuth thruster

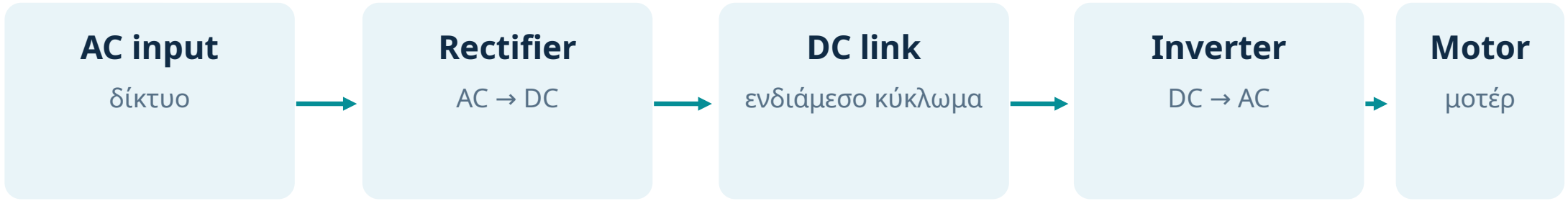


Περιστρεφόμενη κατεύθυνση ώσης
→ διαφορετική διάταξη

Τα σχήματα είναι απλοποιημένες νέες σχεδιαστικές απεικονίσεις.

Μετατροπέας συχνότητας (VFD)

Τυπική αρχιτεκτονική AC/DC/AC για έλεγχο ηλεκτροκινητήρα — υπάρχουν και άλλες διαμορφώσεις.



Απλοποιημένο λειτουργικό σχήμα: δεν δείχνει εσωτερικούς προστατευτικούς μηχανισμούς.

Ταχύτητα περιστρεφόμενου μαγνητικού πεδίου

Για τριφασικό κινητήρα AC: συγχρονική ταχύτητα πεδίου.

$$n_s = 120 \times f / p$$

Τι σημαίνουν τα σύμβολα

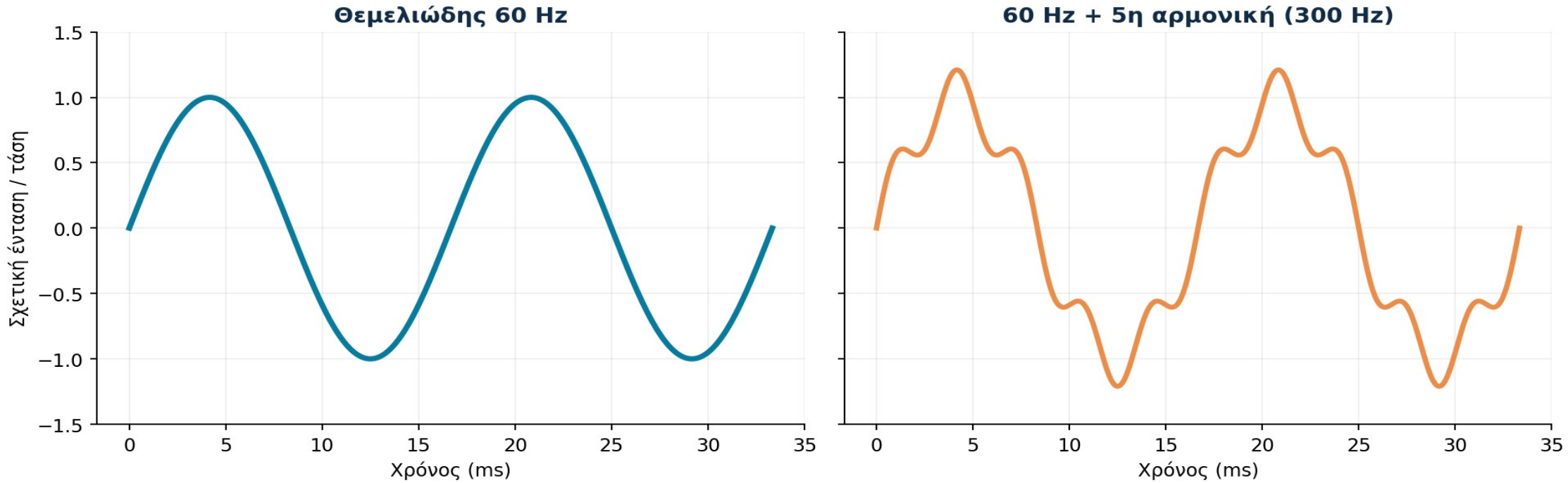
n_s: σύγχρονη ταχύτητα (rpm)
f: συχνότητα (Hz)
p: αριθμός πόλων (όχι ζεύγη πόλων)

Παράδειγμα τετραπολικού

f = 60 Hz, p = 4 → n_s = 1.800 rpm.
Για 50 Hz, p = 4 → n_s = 1.500 rpm.
Ο επαγωγικός κινητήρας έχει ολίσθηση.

Αρμονικές: όταν η κυματομορφή παραμορφώνεται

Τα μη γραμμικά φορτία μπορούν να δημιουργούν αρμονικά ρεύματα.



Η 5η αρμονική σε δίκτυο 60 Hz έχει συχνότητα 5 × 60 = 300 Hz.

Τι είναι οι αρμονικές;

Harmonics — συχνότητες ακέραια πολλαπλάσια της θεμελιώδους.

Θεμελιώδης

Αν $f_1 = 60$ Hz, αυτή είναι η βασική περιοδική συνιστώσα.

3η αρμονική

$f_3 = 3 \times 60 = 180$ Hz. Η παρουσία της εξαρτάται από την τοπολογία και τις πηγές παραμόρφωσης.

5η αρμονική

$f_5 = 5 \times 60 = 300$ Hz. Μπορεί να συνεισφέρει σε παραμόρφωση τάσης/ρεύματος και θερμική επιβάρυνση.

Φίλτρα αρμονικών — Harmonic Filters

Σκοπός: έλεγχος ανεπιθύμητων συνιστωσών με βάση πραγματική μελέτη.

Παθητικά φίλτρα

Συνδυασμοί ηλεκτρικών στοιχείων που διαμορφώνουν απόκριση σε επιλεγμένες συχνότητες.

Ενεργά φίλτρα

Ηλεκτρονικά συστήματα αντιστάθμισης που στοχεύουν σε επιλεγμένες αρμονικές συνιστώσες.

Όχι μαγική λύση

Ούτε κάθε φίλτρο «μηδενίζει» όλες τις αρμονικές, ούτε κάθε πρόβλημα οφείλεται μόνο σε VFD.

Το θαλάσσιο περιβάλλον αλλάζει τον σχεδιασμό

Δεν αρκεί μόνο η ονομαστική τάση μιας συσκευής.

Υγρασία / αλατότητα

Αυξάνουν απαιτήσεις προστασίας μόνωσης, στεγανότητας, συντήρησης και αντιμετώπισης διάβρωσης.

Κραδασμοί / κίνηση

Επηρεάζουν τις συνδέσεις, στηρίξεις, μηχανική αντοχή και κατασκευή πινάκων.

Αερισμός / θερμοκρασία

Η θερμική διαχείριση, οι αποστάσεις, η πρόσβαση και η ψύξη πρέπει να έχουν μελετηθεί.

IP Code — προστασία περιβλήματος

IEC 60529: η σήμανση IP δεν είναι συνολική αξιολόγηση καταλληλότητας για θάλασσα.

Πρώτο ψηφίο

Προστασία έναντι πρόσβασης σε επικίνδυνα μέρη και εισόδου στερεών σωμάτων.

Δεύτερο ψηφίο

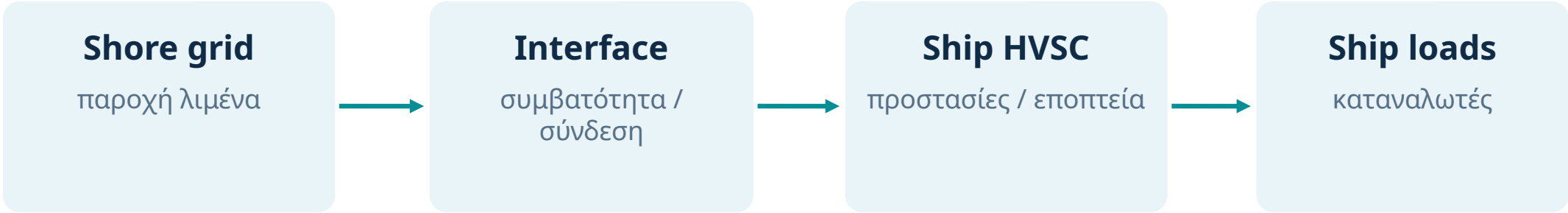
Προστασία έναντι βλαπτικής εισόδου νερού υπό συγκεκριμένες συνθήκες δοκιμής.

Παράδειγμα IP67

Το 6 δηλώνει σκόνη / dust-tight. Το 7 αφορά προσωρινή εμβάπτιση, όχι αντοχή σε κάθε θαλάσσια συνθήκη.

Τροφοδότηση από ξηρά — Shore Power / HVSC

Η συμβατότητα πλοίου–ξηράς απαιτεί εξοπλισμό, προστασίες και διαδικασίες.



Σε ορισμένες εφαρμογές απαιτούνται μετασχηματισμός τάσης ή / και μετατροπή συχνότητας.

Shore power: τι πραγματικά κερδίζουμε;

Διαχωρίζουμε τη λειτουργική δυνατότητα από τη συνολική περιβαλλοντική επίδοση.

Λειτουργικό όφελος

Το πλοίο μπορεί να μειώσει ή να μη χρειάζεται τη λειτουργία ορισμένων ηλεκτροπαραγωγών ζευγών όταν ελλιμενίζεται, εφόσον υπάρχει συμβατή υποδομή.

Σημαντική επιφύλαξη

Οι συνολικές εκπομπές εξαρτώνται από την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας στην ξηρά, τις απώλειες και τις συνθήκες εφαρμογής.

Δεν χαρακτηρίζουμε αυτόματα κάθε παροχή «μηδενικών εκπομπών».

Μελέτη περίπτωσης 1 — Container ship

Το φορτίο των ψυγείων μπορεί να είναι σημαντικό τμήμα της συνολικής ζήτησης.



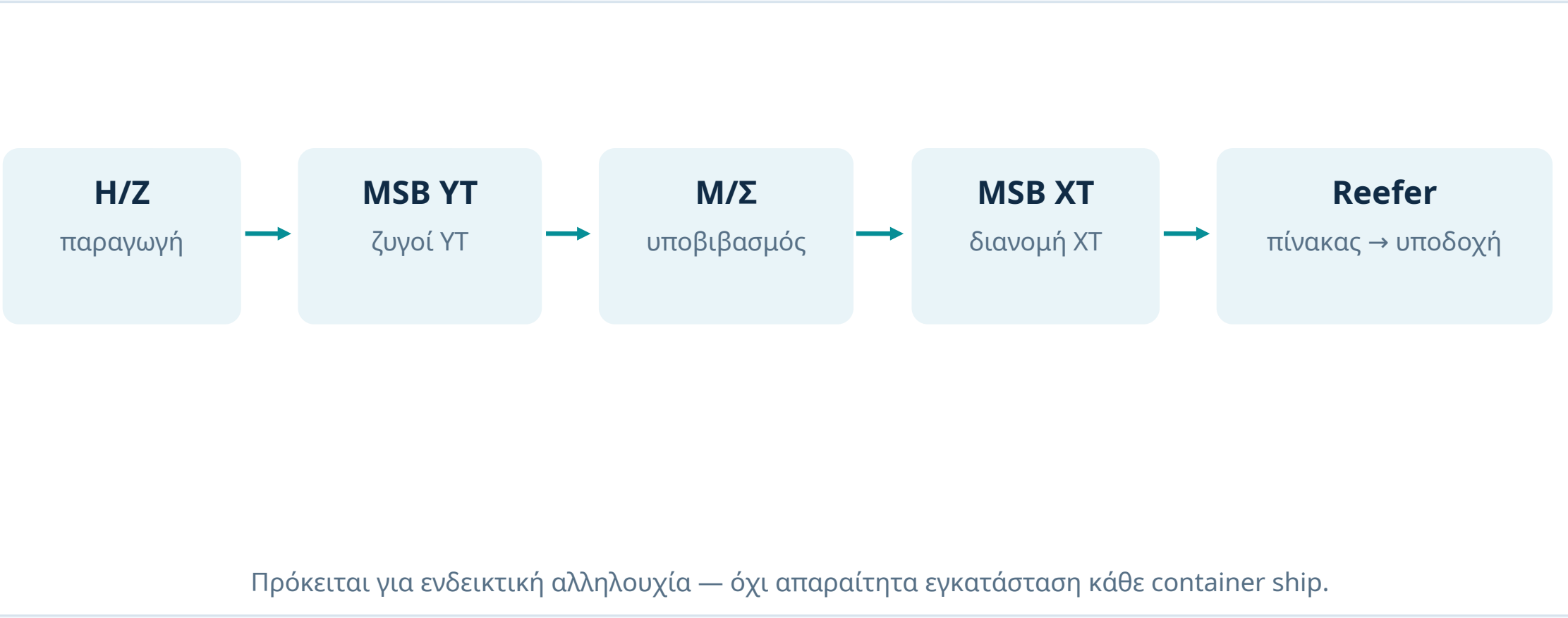
Υποθετικό σενάριο σχεδιασμού:

- Container ship 8.000 TEU.
- 2.000 διαθέσιμες υποδοχές reefer.
- Οι ψυκτικές μονάδες έχουν μεταβαλλόμενη ζήτηση.

Αριθμοί επιλεγμένοι για εκπαιδευτική άσκηση· δεν περιγράφουν συγκεκριμένο πλοίο.

Reefer containers: σωστή λογική τροφοδότησης

Διορθωμένη σχηματική διαδρομή σε πλοίο με κεντρική διανομή ΥΤ.



Πρόκειται για ενδεικτική αλληλουχία — όχι απαραίτητα εγκατάσταση κάθε container ship.

ΕΡΩΤΗΣΗ Β-1

Υπολογισμός φορτίου

Υπάρχουν 2.000 υποδοχές reefer. Αρκεί 2.000 × ονομαστική ισχύς για να βρω τη σταθερή πραγματική ζήτηση;

Σκέψου πρώτα • Εξήγησε το «γιατί» • Συζήτησε με την ομάδα

Απάντηση Β-1 — Reefer φορτία

Η τεχνική αιτιολόγηση είναι πιο σημαντική από την απομνημόνευση.

Όχι, δεν αρκεί.

ΓΙΑΤΙ ΣΥΜΒΑΙΝΕΙ;

Χρειάζονται τα πραγματικά συνδεδεμένα φορτία, ο ταυτοχρονισμός, οι κύκλοι λειτουργίας, περιθώρια και τα δεδομένα της ηλεκτρικής μελέτης.

Μελέτη περίπτωσης 2 — LNG carrier

Το φορτίο, οι αντλίες και η πρόωση διαμορφώνουν το ηλεκτρικό δίκτυο.

Χειρισμός φορτίου

Αντλίες, συμπιεστές και συστήματα διαχείρισης υγροποιημένου φυσικού αερίου.

Πρόωση

Μπορεί να υπάρχει μηχανική πρόωση, diesel-electric ή άλλη διάταξη. Δεν ταυτίζονται όλα τα LNG carriers.

Ηλεκτρικός σχεδιασμός

Εξαρτάται από την πραγματική ζήτηση, την αρχιτεκτονική, τις απαιτήσεις ασφάλειας και τις εφεδρείες.

Μελέτη περίπτωσης 3 — Passenger / Cruise ship

Τα hotel loads προστίθενται στις συνήθεις ναυτικές ηλεκτρικές ανάγκες.

Άνεση επιβατών

Κλιματισμός, φωτισμός, μαγειρεία, ανελκυστήρες, συστήματα εξυπηρέτησης.

Μηχανική λειτουργία

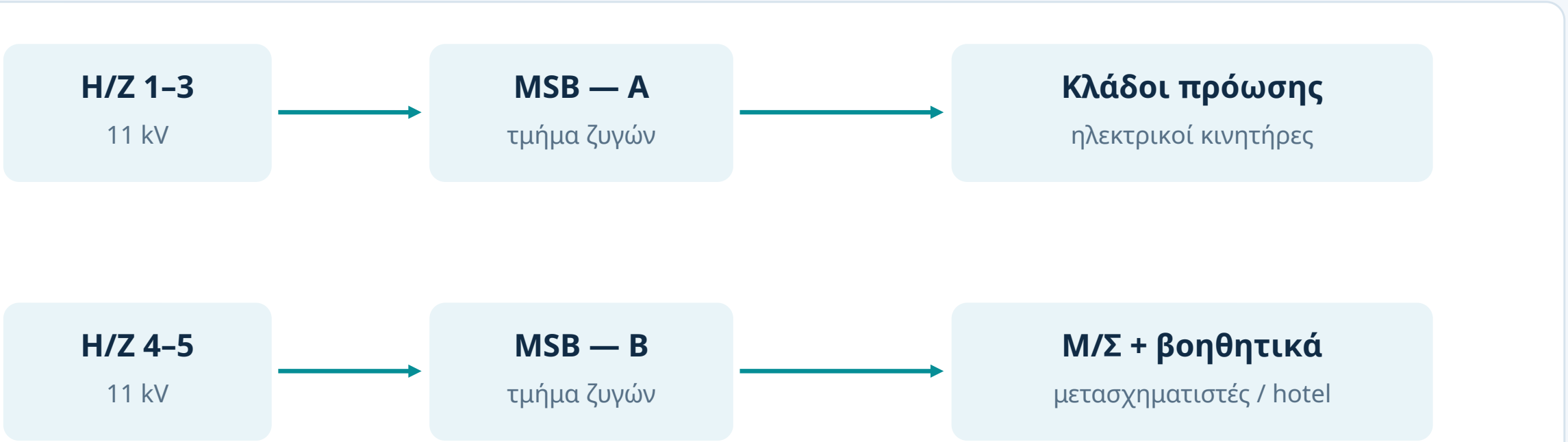
Αντλίες, αερισμός, τροφοδότηση μηχανοστασίου και συστήματα ασφαλείας.

Ηλεκτρική πρόωση

Σε αρκετές αρχιτεκτονικές, οι μεγάλοι κινητήρες πρόωσης τροφοδοτούνται μέσω μετατροπέων ισχύος.

Passenger ship: ενδεικτική διανομή 11 kV

Υποθετικό εκπαιδευτικό δίκτυο: 5 Η/Ζ, 2 τμήματα MSB και κλάδοι φορτίων.



Η λειτουργία διασυνδέσεων και η εφεδρεία εξαρτώνται από το πραγματικό μονογραμμικό.

Passenger ship: ηλεκτρική πρόωση 2 × 19 MW

Υποθετική άσκηση: δύο κλάδοι πρόωσης ονομαστικής ισχύος 19 MW έκαστος.

Port — αριστερά

Ένας κλάδος ηλεκτρικής πρόωσης περιγράφεται ως 19 MW στο ενδεικτικό παράδειγμα.

Starboard — δεξιά

Δεύτερος κλάδος ίδιας ενδεικτικής ισχύος, με ενδεχομένως διαφορετικές επιμέρους συσκευές.

Κρίσιμη λεπτομέρεια

Δεν αποδεικνύεται επάρκεια παραγωγής από τον αριθμό των H/Z: χρειάζονται ισχείς, συντελεστές φορτίου και ηλεκτρική μελέτη.

Τρεις τύποι πλοίων — διαφορετικές απαιτήσεις

Συγκρίνουμε τα ηλεκτρικά φορτία, όχι μόνο το μέγεθος του πλοίου.

Τύπος πλοίου	Ιδιαίτερα φορτία	Ενδεικτική τεχνική συνέπεια
Container	Reefer, αντλίες, thrusters	Πολλές διανομές / υποδοχές, συχνά μεταβαλλόμενο φορτίο.
LNG carrier	Αντλίες και συμπιεστές φορτίου	Εξάρτηση από το σύστημα φορτίου και την πρόωση.
Passenger / Cruise	Hotel loads, HVAC, ίσως ηλεκτρική πρόωση	Μεγάλη ζήτηση και ιδιαίτερες απαιτήσεις διαθεσιμότητας.

ΕΡΩΤΗΣΗ Β-2

Ναυτικές εφαρμογές

Γιατί δύο πλοία ίδιου μεγέθους μπορεί να χρειάζονται διαφορετικό ηλεκτρικό δίκτυο;

Σκέψου πρώτα • Εξήγησε το «γιατί» • Συζήτησε με την ομάδα

Απάντηση Β-2 — Αρχιτεκτονική πλοίων

Η τεχνική αιτιολόγηση είναι πιο σημαντική από την απομνημόνευση.

Επειδή διαφέρουν τα πραγματικά φορτία και οι λειτουργίες τους.

ΓΙΑΤΙ ΣΥΜΒΑΙΝΕΙ;

Τύπος φορτίου, ταυτοχρονισμός, ηλεκτρική πρόωση, σύστημα καυσίμου, απαιτήσεις διαθεσιμότητας και συμβατότητα καθορίζουν την εγκατάσταση.

Γ

Ηλεκτρική ασφάλεια

Κατανόηση κινδύνων και ορίων ρόλου, όχι πρακτική εργασία σε ΥΤ.

- Arc Flash
- Interlocking
- LOTO

Η υψηλή τάση απαιτεί κουλτούρα ασφάλειας

Προτεραιότητα: ανθρώπινη ζωή, κατάλληλη κατάρτιση και σαφή όρια αρμοδιοτήτων.



- Αναγνωρίζουμε κινδύνους πριν από οποιαδήποτε εργασία.
- Δεν προσεγγίζουμε ή ανοίγουμε εξοπλισμό ΥΤ χωρίς απαιτούμενη εξουσιοδότηση.
- Αναφέρουμε μη ασφαλείς καταστάσεις μέσω των διαδικασιών του πλοίου.
- Η γνώση από ένα σεμινάριο δεν αποτελεί επαγγελματική άδεια χειρισμού.

Ηλεκτροπληξία και ηλεκτρικό τόξο

Δύο διαφορετικοί μηχανισμοί κινδύνου.

Electrical shock

Ηλεκτρικό ρεύμα διαρρέει το ανθρώπινο σώμα.

Η σοβαρότητα επηρεάζεται από ένταση, διάρκεια, διαδρομή και συνθήκες επαφής.

Electric arc / arc flash

Εκκένωση σε ιονισμένο μέσο μπορεί να προκαλέσει σοβαρά εγκαύματα και χωρίς άμεση επαφή. Ο κίνδυνος υπάρχει και σε χαμηλή τάση (ΧΤ).

Arc flash, arc blast και συνέπειες

Το Arc Flash μπορεί να συμβεί και σε ΧΤ· τραυματισμός είναι δυνατός χωρίς άμεση επαφή.

Arc Flash

Πολύ υψηλή θερμική και φωτεινή ακτινοβολία· κίνδυνος σοβαρών εγκαυμάτων.

Arc Blast

Πίεση, κρότος και δυναμική εκτόνωση ενέργειας σε σοβαρό ηλεκτρικό τόξο.

Δευτερογενείς κίνδυνοι

Μεταλλικά θραύσματα, θερμά σωματίδια, πυρκαγιά και απώλεια ασφαλών διόδων διαφυγής.

Γιατί στο πλοίο οι κίνδυνοι επιβαρύνονται;

Περιβαλλοντικές συνθήκες και περιορισμένοι χώροι.

Περιορισμένη πρόσβαση

Στενοί χώροι, εμπόδια, οδεύσεις και δυσκολότερη εκκένωση από ορισμένες θέσεις.

Μεταλλικό περιβάλλον

Πολλές αγώγιμες επιφάνειες και σύνθετες γειώσεις απαιτούν εγκεκριμένη μελέτη.

Υγρασία / κίνηση

Ατμοί, υγρασία, διαβρωτικοί παράγοντες και δονήσεις αυξάνουν τις απαιτήσεις.

Αλληλασφάλιση — Interlocking

Ο τεχνικός αποκλεισμός είναι μέρος, όχι ολόκληρο το σύστημα ασφάλειας.

Τι κάνει

Μηχανική διάταξη ή λογική ελέγχου εμποδίζει ορισμένες μη επιτρεπτές καταστάσεις και συνδυασμούς εξοπλισμού.

Τι δεν κάνει

Δεν αποδεικνύει από μόνη της απουσία τάσης. Δεν υποκαθιστά εξουσιοδότηση, εγκεκριμένη απομόνωση, επιτήρηση ή τη διαδικασία του πλοίου.

Lockout / Tagout — εννοιολογική γνωριμία

Αποφεύγουμε την απροσδόκητη ενεργοποίηση σε εγκεκριμένα προγράμματα εργασιών.

Lockout

Φυσική ασφάλιση της κατάστασης απομόνωσης, μέσα σε εγκεκριμένη διαδικασία.

Tagout

Σαφής προειδοποιητική σήμανση ότι ο εξοπλισμός δεν πρέπει να ενεργοποιηθεί.

Ειδικά στην ΥΤ

Το LOTO δεν αρκεί μόνο του: προβλέπονται άδεια εργασίας, επιβεβαίωση απουσίας τάσης και κατάλληλη γείωση από εξουσιοδοτημένους.

Αναγνωρίζω κινδύνους σε κλειστό πίνακα

Η εξωτερική παρατήρηση γίνεται χωρίς πρόσβαση στο εσωτερικό πεδίων.



Ο εκπαιδευόμενος μπορεί να εντοπίσει οπτικά:

- Προειδοποιητικές πινακίδες ΥΤ.
- Ταυτότητα πίνακα / αναχώρησης.
- Κλειστές και ασφαλισμένες θύρες.
- Ενδείξεις και ασυνήθιστες συνθήκες που πρέπει να αναφερθούν.

Δεν επιχειρεί δοκιμές ή χειρισμούς.

Blackout: απώλεια ηλεκτρικής παροχής

Ο όρος αφορά απώλεια τροφοδότησης του κύριου δικτύου, με συνέπειες ανά εγκατάσταση.

Τι επηρεάζεται

Αντλίες, αυτοματισμοί, βοηθητικά, πρόωση (αν είναι ηλεκτρική) και λειτουργίες άνεσης.

Τι έχει προβλεφθεί

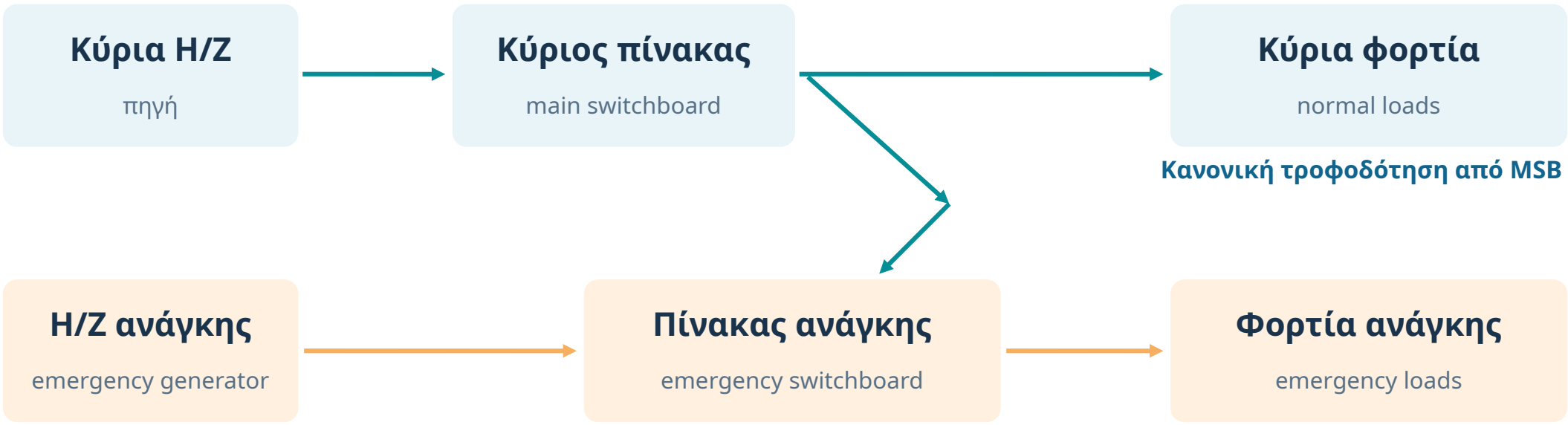
Εφεδρικές πηγές, ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος ανάγκης και επιλεκτική τροφοδότηση καθορισμένων φορτίων.

Ρόλος μαθητή

Κατανόηση του φαινομένου και των συνεπειών — όχι πραγματικοί χειρισμοί επαναφοράς.

Πώς τροφοδοτείται ο πίνακας ανάγκης;

Τυπική αρχή SOLAS: κανονικά από τον κύριο πίνακα, μετά από αστοχία από την πηγή ανάγκης.



Δύο εναλλακτικές διαδρομές, ΟΧΙ υπόδειξη ταυτόχρονης σύνδεσης· απαιτείται εγκεκριμένη μεταγωγή.

ΕΡΩΤΗΣΗ Γ-1

Απόφαση ασφάλειας

Ένας μαθητής γνωρίζει τη θεωρία ενός πίνακα ΥΤ. Επιτρέπεται να ανοίξει το πεδίο για «να δει καλύτερα»;

Σκέψου πρώτα • Εξήγησε το «γιατί» • Συζήτησε με την ομάδα

Απάντηση Γ-1 — Όρια αρμοδιότητας

Η τεχνική αιτιολόγηση είναι πιο σημαντική από την απομνημόνευση.

Όχι. Δεν επιτρέπεται.

ΓΙΑΤΙ ΣΥΜΒΑΙΝΕΙ;

Η θεωρητική γνώση δεν υποκαθιστά επαγγελματική επάρκεια, άδεια πρόσβασης, εγκεκριμένες διαδικασίες και απαιτούμενα μέτρα ασφάλειας.

Δ

Εφαρμόζω και αξιολογώ

Εξηγώ τη λειτουργία, υπολογίζω με μονάδες και τεκμηριώνω την κρίση μου.

Ερωτήσεις

Λυμένες απαντήσεις

Εργασία

ΕΡΩΤΗΣΗ 1

Ηλεκτρική διανομή

Ποιος είναι ο κύριος ρόλος του Main Switchboard;

Ξεχώρισε ποιος παράγει και ποιος διανέμει την ενέργεια.

Απάντηση 1 — Main Switchboard

Η τεχνική αιτιολόγηση είναι πιο σημαντική από την απομνημόνευση.

Διανομή, έλεγχος και προστασία της παροχής.

ΓΙΑΤΙ ΣΥΜΒΑΙΝΕΙ;

Η ηλεκτρική ισχύς προέρχεται από τη γεννήτρια ή άλλη πηγή. Ο πίνακας περιλαμβάνει τις κατάλληλες διακοπτικές, προστατευτικές και διανεμητικές λειτουργίες.

ΕΡΩΤΗΣΗ 2

Τριφασική ισχύς

Με ίδιο P και cosφ, πόσο αλλάζει το ρεύμα αν η τάση αυξηθεί από 440 V σε 6.600 V;

Σύγκρινε τις τάσεις: 6.600 / 440.

Απάντηση 2 — Επίδραση τάσης

Η τεχνική αιτιολόγηση είναι πιο σημαντική από την απομνημόνευση.

Μειώνεται 15 φορές.

ΓΙΑΤΙ ΣΥΜΒΑΙΝΕΙ;

I = P/(√3 U cosφ). Εφόσον P και cosφ μένουν σταθερά, ο λόγος ρευμάτων είναι 6.600/440 = 15.

ΕΡΩΤΗΣΗ 3

Αρμονικές

Σε δίκτυο 60 Hz, ποια αρμονική αντιστοιχεί στα 300 Hz;

Χρησιμοποίησε τη σχέση $f_n = n \times f_1$.

Απάντηση 3 — Συχνότητα αρμονικής

Η τεχνική αιτιολόγηση είναι πιο σημαντική από την απομνημόνευση.

Η πέμπτη αρμονική.

ΓΙΑΤΙ ΣΥΜΒΑΙΝΕΙ;

n = 300/60 = 5. Η αρμονική έχει συχνότητα ακέραιο πολλαπλάσιο της θεμελιώδους.

ΕΡΩΤΗΣΗ 4

Προστασία περιβλήματος

Τι σημαίνει το «7» της ένδειξης IP67;

Θυμήσου τι περιγράφει το δεύτερο ψηφίο του IP Code.

Απάντηση 4 — IP67

Η τεχνική αιτιολόγηση είναι πιο σημαντική από την απομνημόνευση.

Προστασία από προσωρινή εμβάπτιση υπό καθορισμένες συνθήκες.

ΓΙΑΤΙ ΣΥΜΒΑΙΝΕΙ;

Το πρώτο ψηφίο αφορά πρόσβαση/στερεά και το δεύτερο νερό. Το IP67 δεν αποδεικνύει αντοχή στη διάβρωση ή σε όλες τις δοκιμές νερού.

ΕΡΩΤΗΣΗ 5

Συστήματα ασφάλειας

Το interlocking αντικαθιστά την εγκεκριμένη απομόνωση και την εξουσιοδότηση;

Σκέψου αν μια λογική ασφαλείας μπορεί να καλύψει κάθε κίνδυνο.

Απάντηση 5 — Interlocking

Η τεχνική αιτιολόγηση είναι πιο σημαντική από την απομνημόνευση.

Όχι. Είναι μόνο ένα μέρος των μέτρων προστασίας.

ΓΙΑΤΙ ΣΥΜΒΑΙΝΕΙ;

Αποτρέπει ορισμένους μη επιτρεπτούς συνδυασμούς, αλλά δεν πιστοποιεί αφ’ εαυτού απουσία τάσης ούτε υποκαθιστά τους κανόνες ασφαλούς εργασίας.

ΕΡΩΤΗΣΗ 6

Σκέφτομαι σαν μηχανικός

Σε ένα LNG carrier η ηλεκτρική πρόωση είναι πάντα ίδια με ενός cruise ship;

Αναγνώρισε πρώτα τις σχεδιαστικές επιλογές κάθε πλοίου.

Απάντηση 6 — Ναυτικές εφαρμογές

Η τεχνική αιτιολόγηση είναι πιο σημαντική από την απομνημόνευση.

Όχι. Οι αρχιτεκτονικές διαφέρουν ανά πλοίο.

ΓΙΑΤΙ ΣΥΜΒΑΙΝΕΙ;

Οι πραγματικές ανάγκες φορτίου, ο τύπος πρόωσης, η διαθεσιμότητα και οι ειδικές απαιτήσεις καθορίζουν τον ηλεκτρικό σχεδιασμό.

Μικρό έργο: Σχεδίασε ένα απλό ηλεκτρικό δίκτυο

Ομαδική εργασία 15 λεπτών — όχι σχέδιο πραγματικής εγκατάστασης.

Δεδομένα

Απλή άσκηση ροής ισχύος:

- 1 Η/Ζ 6,6 kV
- 1 πίνακα ΥΤ
- 1 ηλεκτροκινητήρα ΥΤ
- 1 Μ/Σ 6,6 kV / 440 V
- 1 πίνακα ΧΤ

Δεν αποτελεί πλήρες σχέδιο εφεδρείας.

Ζητούμενα

1. Σχεδίασε τη ροή ισχύος.

2. Εξήγησε τη λειτουργία κάθε στοιχείου.

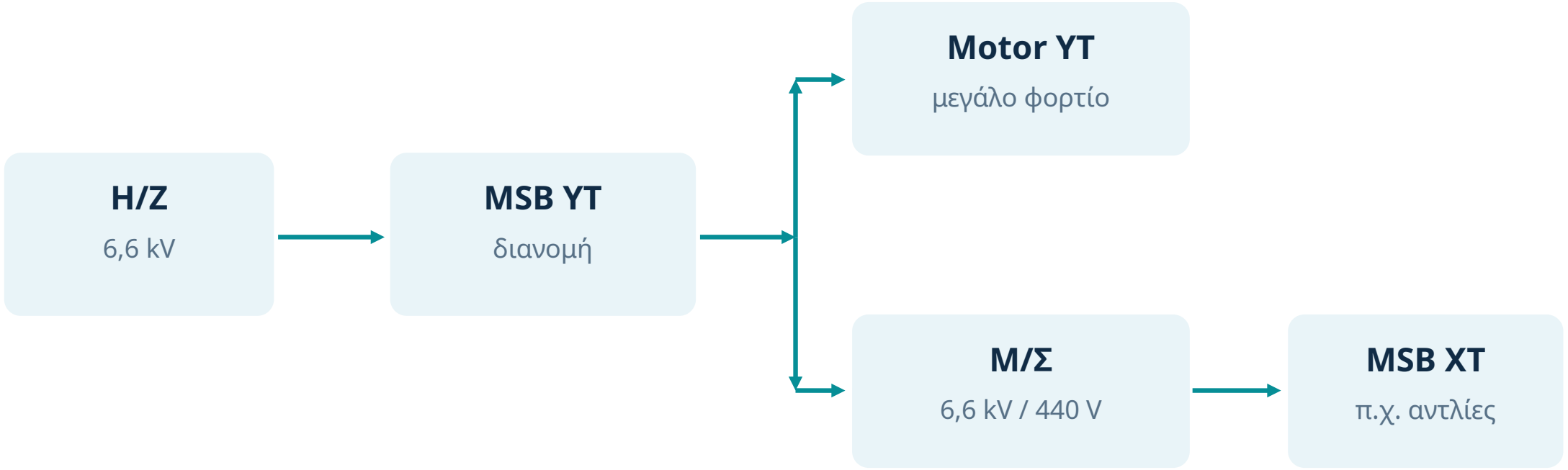
3. Βάλε ένα παράδειγμα φορτίου ΧΤ.

4. Επισήμανε γιατί το σχέδιο είναι απλοποιημένο.

Η ομάδα παρουσιάζει τη λογική της σε 60–90 δευτερόλεπτα.

Ενδεικτική λύση της ομαδικής εργασίας

Το διάγραμμα πρέπει να έχει δύο ξεχωριστούς κλάδους, έναν ΥΤ και έναν ΧΤ.



Στον πραγματικό σχεδιασμό προστίθενται προστασίες, διακόπτες, μετρήσεις και περισσότερες λεπτομέρειες.

Τεχνικό γλωσσάριο Ι — παραγωγή και διανομή

Οι όροι στα αγγλικά διευκολύνουν την ανάγνωση τεχνικών εγχειριδίων.

Ελληνικός όρος	English	Λειτουργία / σημασία
Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος	Diesel Generator Set	Μετατρέπει τη μηχανική ισχύ σε ηλεκτρική.
Εναλλακτήρας	Alternator	Παράγει εναλλασσόμενη τάση.
Κύριος πίνακας	Main Switchboard	Οργανώνει τη διανομή και προστασία.
Ζυγός	Busbar	Αγωγός συλλογής / διανομής ισχύος.
Διακόπτης ισχύος	Circuit Breaker	Διακοπή κυκλώματος υπό καθορισμένα όρια.

Τεχνικό γλωσσάριο ΙΙ — κίνηση και ασφάλεια

Ο τεχνικός όρος πρέπει να συνδέεται με λειτουργία και κίνδυνο.

Ελληνικός όρος	English	Λειτουργία / σημασία
Μετασχηματιστής	Transformer	Αλλάζει την AC τάση με μαγνητική επαγωγή.
Μετατροπέας συχνότητας	Variable Frequency Drive	Ρυθμίζει την τροφοδότηση του κινητήρα.
Αρμονικές	Harmonics	Συνιστώσες σε πολλαπλάσια της θεμελιώδους.
Αλληλασφάλιση	Interlocking	Αποτρέπει μη επιτρεπτές καταστάσεις.
Κλείδωμα / σήμανση	Lockout / Tagout	Μέρη εγκεκριμένης ασφάλισης απομόνωσης.

Τι κρατάμε από το πρώτο σεμινάριο

Τρεις βασικές ιδέες που ο μαθητής πρέπει να μπορεί να εξηγήσει χωρίς σημειώσεις.

Παραγωγή / Διανομή

Η γεννήτρια παράγει ηλεκτρική ισχύ, ενώ ο πίνακας και οι ζυγοί την οργανώνουν σε κλάδους φορτίων.

ΥΤ / Ρεύμα / Απώλειες

Για δεδομένα P και cosφ, μεγαλύτερη τάση σημαίνει μικρότερο ρεύμα, αλλά αυστηρότερες τεχνικές απαιτήσεις και μέτρα ασφάλειας.

Ασφάλεια / Ρόλος

Η γνώση αναγνώρισης κινδύνου δεν ισοδυναμεί με άδεια εκτέλεσης εργασιών σε εξοπλισμό ΥΤ.

Τεχνικές πηγές και επιστημονικά όρια

Επιλεγμένες επίσημες περιγραφές προτύπων και εκπαιδευτικό πλαίσιο.

IEC 60092-503:2021	Marine AC systems > 1 kV και ≤ 36 kV https://webstore.iec.ch/en/publication/66498
IEC/IEEE 80005-1:2019	HVSC, τροπ. 2022 και 2023 https://webstore.iec.ch/en/publication/29485
SOLAS II-1/42–43, 5.4	Τροφοδότηση πίνακα ανάγκης https://www.imorules.com/solas/02_chapter_II-1.html
IMO STCW A-III/1, A-III/2, A-III/6	Μηχανικοί & ηλεκτροτεχνικοί αξιωματικοί https://www.imorules.com/STCWCODE_A_III_6.html
IEC 60529	Προστασία περιβλημάτων (IP) https://webstore.iec.ch/
MCA COSWP 2026	Ασφαλείς εργασίες, εξουσιοδότηση, HV https://www.gov.uk/government/publications/code-of-safe-working-practices-for-merchant-seafarers-2026-edition

Πηγές περιγραφής (όχι πλήρες κείμενο προτύπων). STCW ≠ πιστοποίηση ή εξουσιοδότηση.

ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΣΤΟ ΕΠΟΜΕΝΟ ΣΕΜΙΝΑΡΙΟ

Κατανοώ το σύστημα. Αιτιολογώ τη λειτουργία. Προτεραιότητα στην ασφάλεια.

Maritime Innovation | Τεχνικά Σεμινάρια Ναυτικής Εκπαίδευσης

Πρωτότυπα διαγράμματα / ενδεικτικές εικονογραφήσεις • v1.3 • 24/10/2026