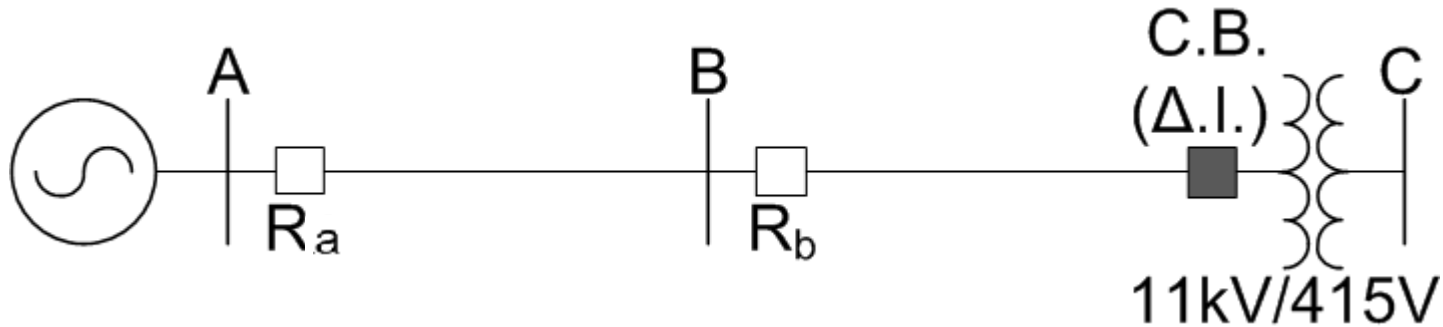


ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΣΗΕ

Φροντιστήριο 2^ο

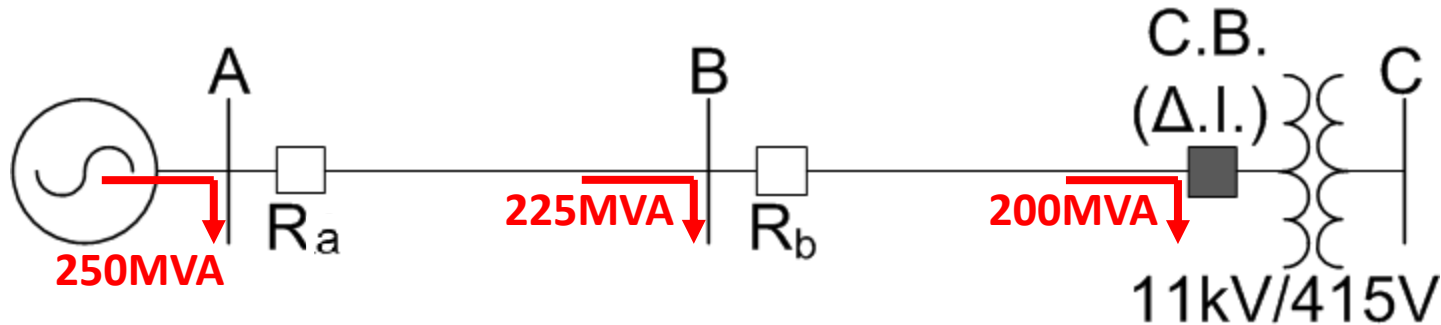
Ασκήσεις 5.1,5.2,6.1,6.2,6.3

ΑΣΚΗΣΗ 3 (5.1)



- Ένα τριφασικό καλώδιο ABC, 11KV, τροφοδοτούμενο στο A, έχει τριφασικά επίπεδα βραχυκύκλωσης σε συνθήκες μέγιστης φόρτισης, 250, 225 και **200 MVA** στα A, B και C αντίστοιχα (υπολογισμένα σε τάση 11 KV).
 - Ο Δ.Ι. 11 KV που ελέγχει τον 11000/415 V μετασχηματιστή των 1000 KVA κοντά στο C, είναι τύπου απευθείας δράσης με ασφάλειες που καίγονται σε 0.1 s για ένα σφάλμα **200 MVA** στην πλευρά υψηλής τάσης του μετασχηματιστή.
 - Στο B (στο τμήμα BC) και στο A (στο τμήμα AB) τροφοδοτούνται 400/5 A μετασχηματιστές ρεύματος και ηλεκτρονόμοι R_a και R_b τύπου IDMTL (Inverse Definite Minimum Time Limited, δίνονται οι χαρακτηριστικές τους).
 - Να χρησιμοποιήσετε μία χρονική καθυστέρηση για επιλεκτικότητα $S=0.5$ s και PS τέτοιο ώστε, για ένα τριφασικό βραχυκύκλωμα στην απομακρυσμένη πλευρά που ελέγχει ο ηλεκτρονόμος, το PSM να είναι μικρότερο του 20 κατά ένα ποσοστό όσο είναι δυνατόν μικρότερο.
- A)** Να ρυθμίσετε τους ηλεκτρονόμους R_a και R_b (δηλαδή PS και TMS).
- B)** Αν τα μέγιστα φορτία στα τμήματα AB και BC είναι αντίστοιχα 2 και 1 MVA, αποδείξτε ότι η προστασία δεν θα λειτουργήσει σε συνθήκες μέγιστης φόρτισης.

ΑΣΚΗΣΗ 3 (5.1)



Ελάχιστος χρόνος λειτουργίας R_b : $t_{Rb} = t_{ασφ} + t_{επιλεκ} \Rightarrow t_{Rb} = 0,1 + 0,5 \text{ s} = 0,6 \text{ s}$

Επίπεδο επιλογής R_b : $R_b = i_{N,MSb} \cdot PS_b \Rightarrow R_b = 400 \cdot PS_b$

Ρεύμα βραχυκύκλωσης που αναμένεται στο C: $i_{βραχ,C} = \frac{MVA_{βραχ,C}}{\sqrt{3} \cdot V_{L,C}} \Rightarrow i_{βραχ,C} = \frac{200 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 11 \text{ kV}} = 10497 \text{ A}$

Άρα, για το πολλαπλάσιο του ρεύματος επιλογής που πρέπει να είναι μικρότερο του 20 ισχύει:

$$PSM = \frac{i_{βραχ,C}}{R_b} < 20 \Rightarrow \frac{10497}{400 \cdot PS_b} < 20 \Leftrightarrow PS_b > 1,3122$$

Το PS μεταβάλλεται σε βήματα του 25% άρα: $PS_b = 1,5$ (150%)

Πλέον, με PS δεδομένο, μπορούμε να βρούμε το PSM: $PSM = \frac{i_{βραχ,C}}{R_b} \Rightarrow PSM = \frac{10497}{400 \cdot 1,5} = 17,5$

ΑΣΚΗΣΗ 3 (5.1)

Για TMS=1 $\rightarrow t=2,35$ s

TMS=; $\rightarrow t_{Rb} = 0,6$ s

βλ. παρ. 5.3

$$TMS = \frac{0,6 \cdot 1}{2,35} = 0,26$$

Όμως το TMS ξεκινά από 0,05 ή 0,1 & ρυθμίζεται βηματικά ανά 0,025. Άρα επιλέγεται: TMS_b=0,275

Ο R_b για βραχυκύκλωμα στο B μετράει ρεύμα:

$$i_{\beta\text{ραχ},B} = \frac{MVA_{\beta\text{ραχ},B}}{\sqrt{3} \cdot V_{L,B}} \Rightarrow i_{\beta\text{ραχ},B} = \frac{225 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 11 \text{ kV}} = 11809 \text{ A}$$

Άρα, το PSM για βραχυκύκλωμα στο B είναι:

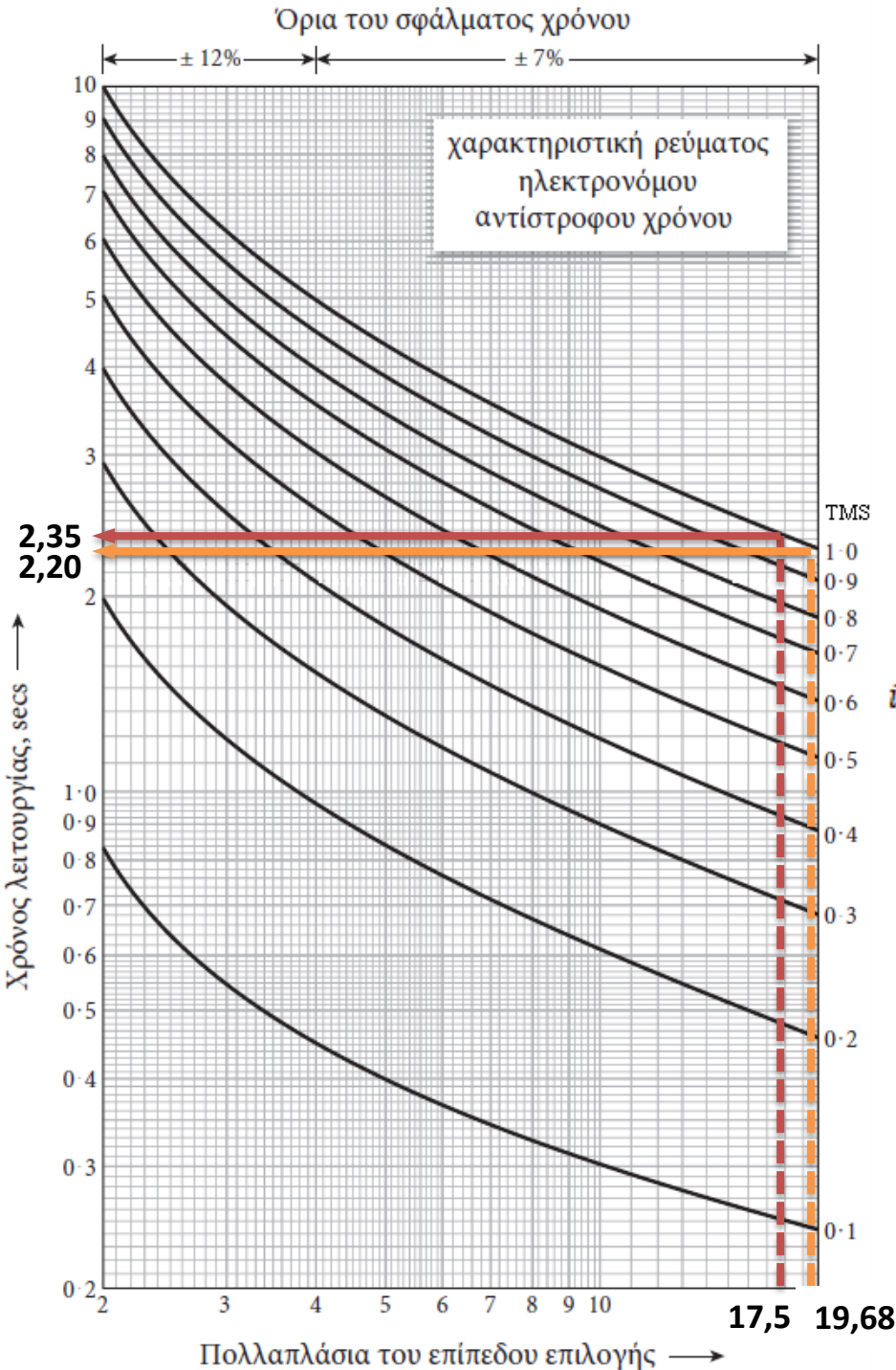
$$PSM = \frac{i_{\beta\text{ραχ},B}}{R_b} \Rightarrow PSM = \frac{11809}{400 \cdot 1,5} = 19,68$$

Για TMS=1 $\rightarrow t=2,20$ s

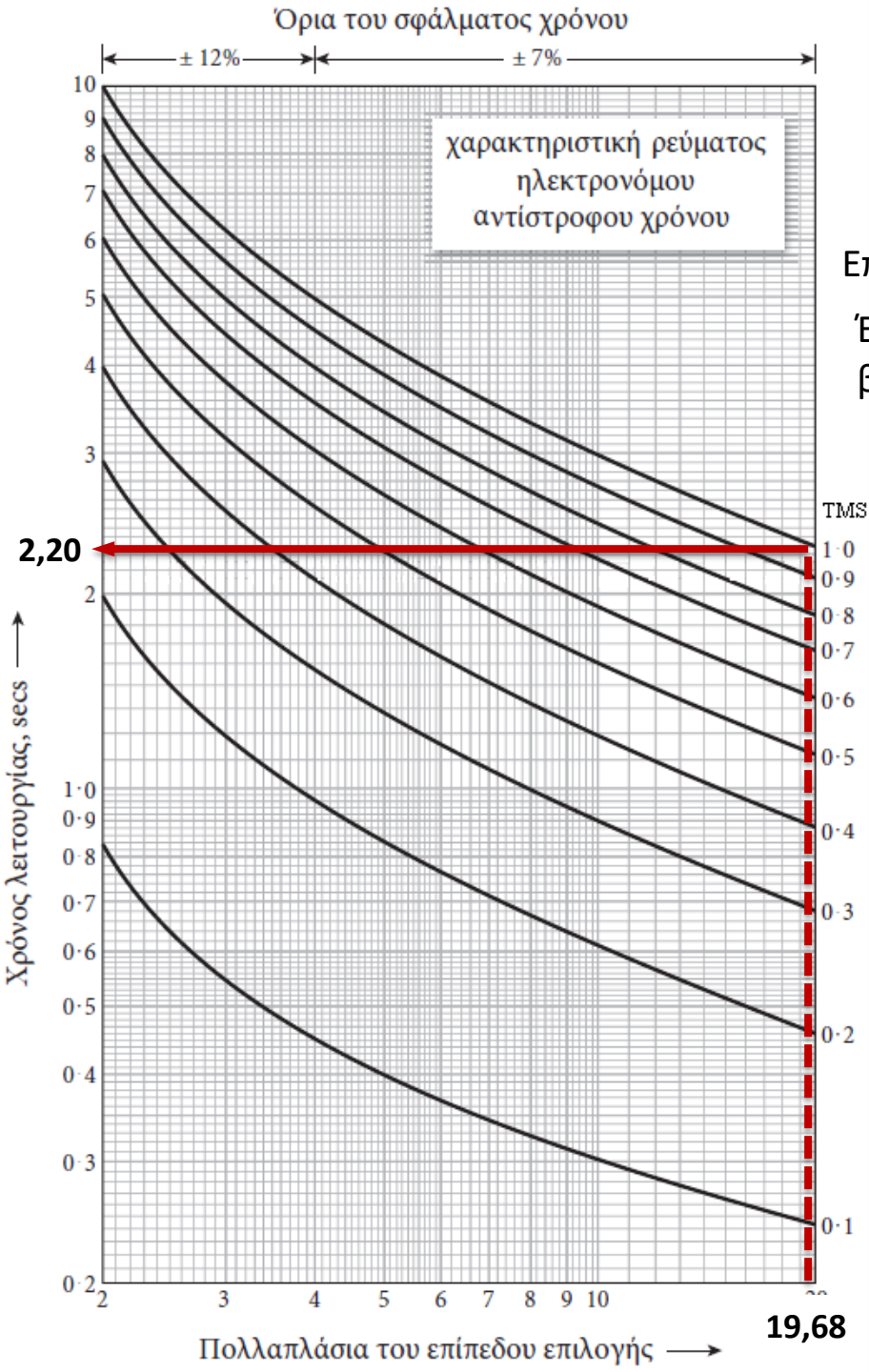
Για TMS=0,275 $\rightarrow t=0,275 \cdot 2,20 \text{ s} = 0,605$ s

Επομένως ο χρόνος λειτουργίας του R_a πρέπει να είναι:

$$t_{R\alpha} = t_{R\alpha} + t_{\text{επιλεκ}} \Rightarrow t_{Rb} = 0,605 + 0,5 \text{ s} = 1,105 \text{ s}$$



ΑΣΚΗΣΗ 3 (5.1)



Επίπεδο επιλογής R_α : $R_\alpha = i_{N,MΣ\alpha} \cdot PS_\alpha \Rightarrow R_\alpha = 400 \cdot PS_\alpha$

Έχει υπολογιστεί το ρεύμα

βραχυκύκλωσης στο Β: $i_{βραχ,Β} = 11809 \text{ A}$

Άρα, για το ρεύμα επιλογής που πρέπει να είναι μικρότερο του 20 ισχύει:

$$PSM = \frac{i_{βραχ,Β}}{R_\alpha} < 20 \Rightarrow \frac{11809}{400 \cdot PS_\alpha} < 20 \Leftrightarrow PS_\alpha > 1,4761$$

Το PS μεταβάλλεται σε βήματα του 25% άρα:

$$PS_\alpha = 1,5 \quad (150\%)$$

Πλέον, με PS δεδομένο, μπορούμε να βρούμε το PSM:

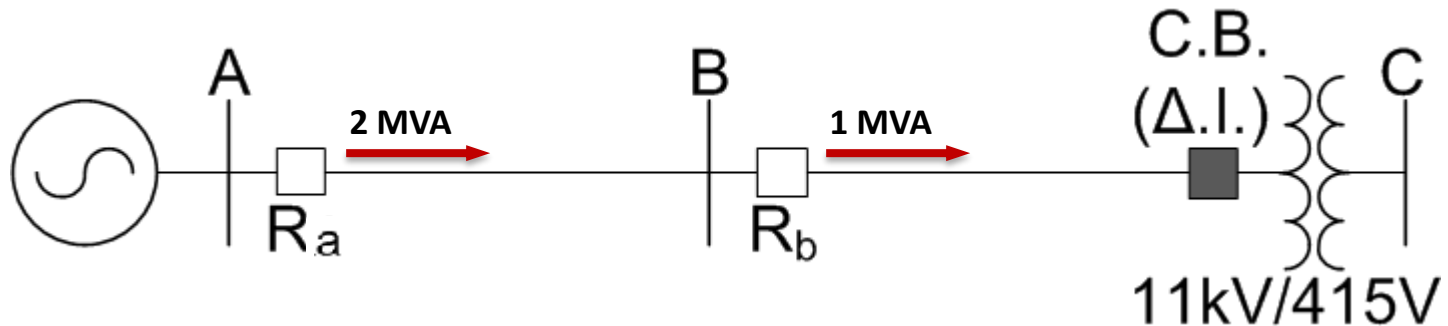
$$PSM = \frac{i_{βραχ,Β}}{R_\alpha} \Rightarrow PSM = \frac{11809}{400 \cdot 1,5} = 19,68$$

$$\text{Για TMS}=1 \quad \rightarrow \quad t=2,20 \text{ s}$$

$$\text{TMS}=; \quad \rightarrow \quad t=1,105 \text{ s}$$

$$\text{TMS}_a = 1,105 / 2,20 \text{ s} = 0.5 \text{ s (στρογγυλό!)}$$

ΑΣΚΗΣΗ 3 (5.1)



Για να μην ενεργοποιούνται οι ηλεκτρονόμοι για μέγιστο ρεύμα φορτίου...

θα πρέπει αυτό να είναι μικρότερο από το 85% του επιπέδου επιλογής τους:

$$I_{L,AB} = \frac{MVA_{L,AB}}{\sqrt{3} \cdot V_{L,A}} \Rightarrow I_{L,AB} = \frac{2 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 11 \text{ kV}} \cong 105 \text{ A}$$

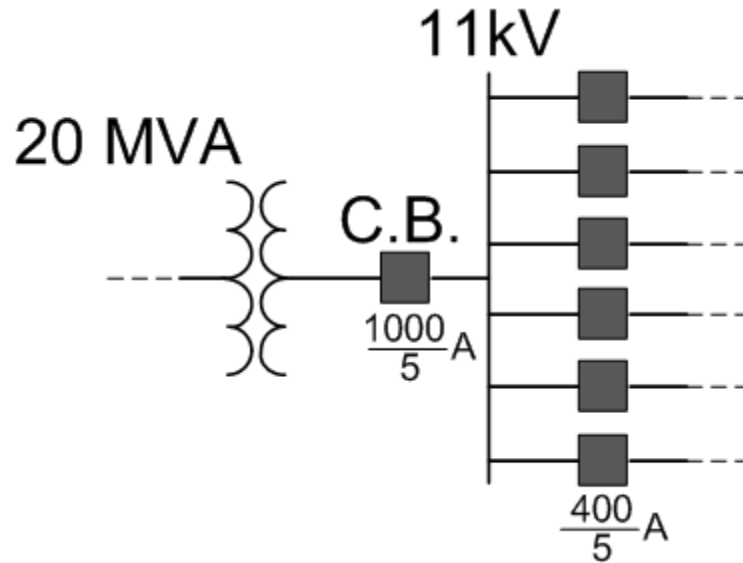
$$\text{Όμως: } R_a = i_{N,M\Sigma a} \cdot PS_a \Rightarrow R_a = 400 \cdot 1,5 \text{ A} = 600 \text{ A} \gg 105 \text{ A}$$

$$\text{Και: } I_{L,BC} = \frac{MVA_{L,BC}}{\sqrt{3} \cdot V_{L,B}} \Rightarrow I_{L,BC} = \frac{1 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 11 \text{ kV}} \cong 52,5 \text{ A}$$

$$\text{Όμως: } R_b = i_{N,M\Sigma b} \cdot PS_b \Rightarrow R_b = 400 \cdot 1,5 \text{ A} = 600 \text{ A} \gg 52,5 \text{ A}$$

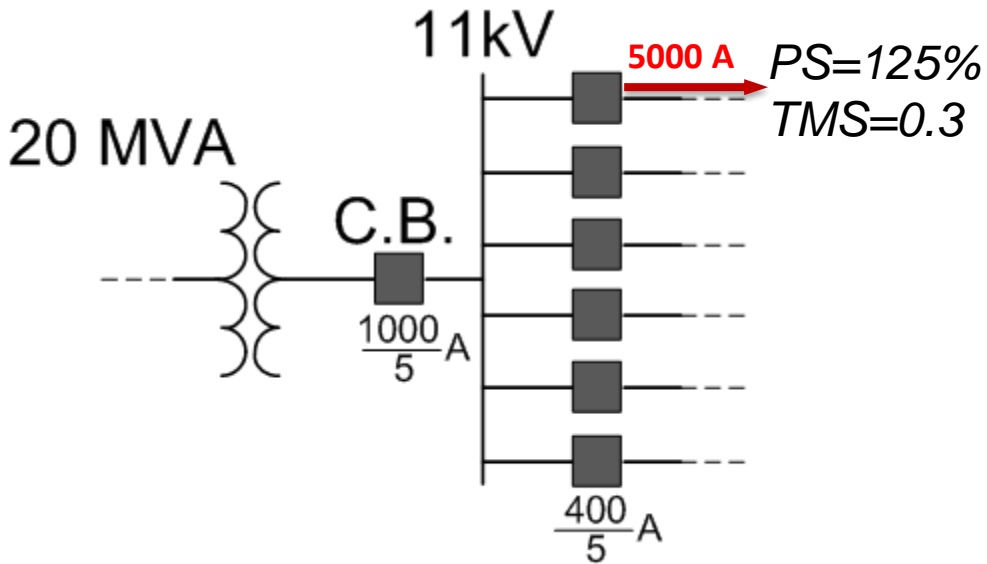
Άρα, κανένας από τους ηλεκτρονόμους δεν θα ενεργοποιηθεί κατά τη μέγιστη φόρτιση.

ΑΣΚΗΣΗ 4 (5.2)



- Ένας 3Φ Μ/Σ 20 MVA, που μπορεί να δέχεται μία υπερφόρτιση μέχρι 30%, τροφοδοτεί ένα ζυγό 11 KV μέσω ενός Δ.Ι. (Circuit Breaker – CB).
- Άλλοι διακόπτες τροφοδοτούν γραμμές που αναχωρούν από το ζυγό.
- Ο διακόπτης του μετασχηματιστή είναι εφοδιασμένος με μ.ρ. 1000/5 A και οι διακόπτες γραμμών με μ.ρ. 400/5 A.
- Όλοι οι μ.ρ. τροφοδοτούν ηλεκτρονόμους υπερέντασης που τα χαρακτηριστικά τους δίνονται σε σχήμα παρακάτω.
- Οι ηλεκτρονόμοι των διακοπών που τροφοδοτούν τις γραμμές έχουν $PS=125\%$ και $TMS=0.3$.
- Αν ένα τριφασικό ρεύμα σφάλματος 5000 A ρέει από το Μ/Σ σε μία γραμμή να υπολογίσετε:
 - A)** Το χρόνο λειτουργίας του ηλεκτρονόμου γραμμής.
 - B)** Το ελάχιστο PS του ηλεκτρονόμου του Μ/Σ και το TMS, όταν χρησιμοποιήσουμε μία χρονική καθυστέρηση για επιλεκτικότητα $S = 0.5$ s.

ΑΣΚΗΣΗ 4 (5.2)



A) Για τον υπολογισμό του χρόνου λειτουργίας ενός ηλεκτρονόμου γραμμής με TMS=0,3 πρέπει πρώτα...

να υπολογίσω το PSM: $PSM_{\gamma\rho} = \frac{i_{\beta\rho\alpha\chi\gamma\rho}}{R_{\gamma\rho}}$

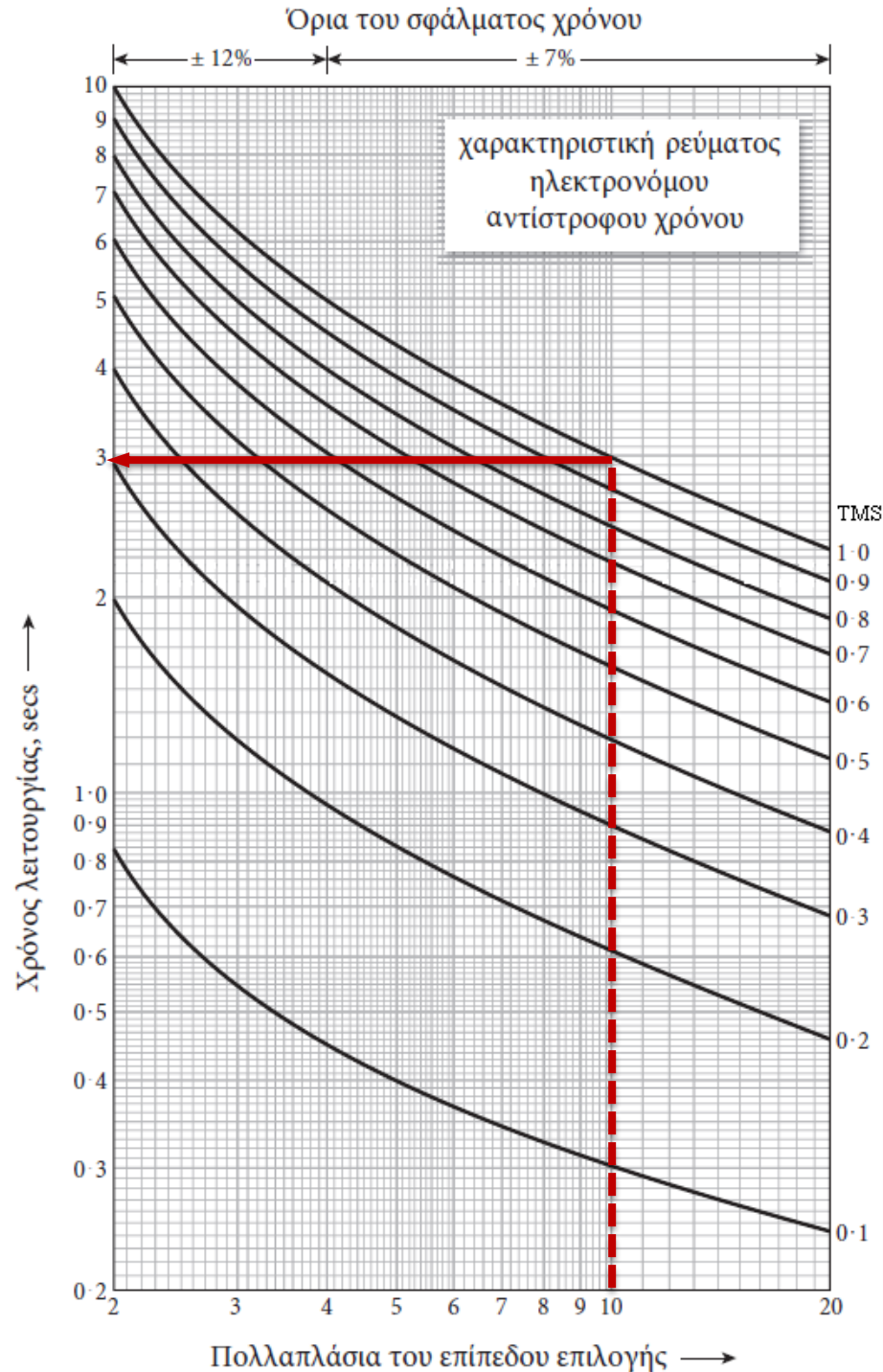
$$R_{\gamma\rho} = 400 \cdot 1,25 A = 500 A$$

$$\text{Άρα: } PSM_{\gamma\rho} = \frac{5000}{500} = 10$$

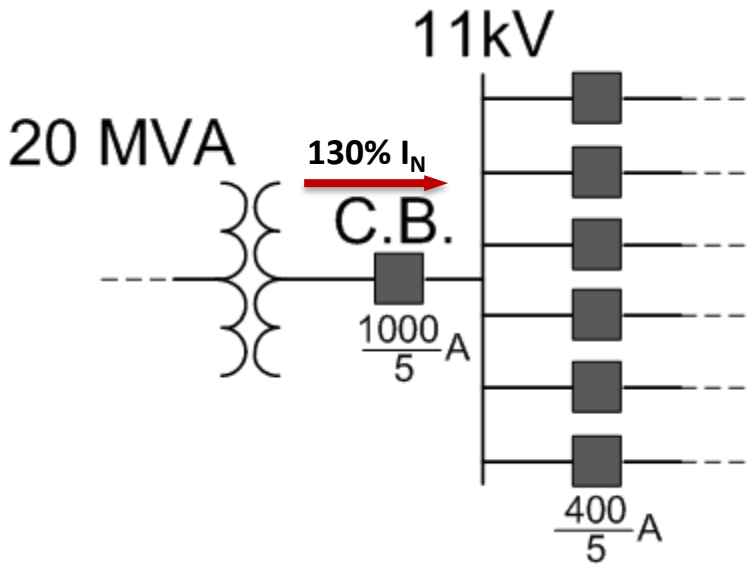
$$\text{Για TMS=1} \quad \rightarrow \quad t_{R,\gamma\rho} = 3 s$$

$$\text{Για TMS=0,3} \quad \rightarrow \quad t_{R,\gamma\rho} = ;$$

$$t_{R,\gamma\rho} = 3 \cdot 0,3 / 1 s = 0,9 s$$



ΑΣΚΗΣΗ 4 (5.2)



Β) Το PS θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο μικρό, αλλά ... χωρίς να ενεργοποιείται ο ηλεκτρονόμος από υπερφόρτιση (δηλαδή 130% I_N):

$$85\% R > I_{L,max}$$

Όπου: $R = I_{επιλ} \cdot PS$ και

$$I_{L,max} = 1,3 \cdot I_{L,N} = 1,3 \cdot \frac{MVA_{MΣ}}{\sqrt{3} \cdot V_{L,MΣ}} \Rightarrow$$

$$I_{L,max} = 1,3 \cdot \frac{20000}{\sqrt{3} \cdot 11} A \cong 1365 A$$

$$\text{Άρα: } 0,85 \cdot 1000 \cdot PS > 1365 \Rightarrow PS > 1,61$$

Το PS μεταβάλλεται σε βήματα του 25%, επομένως επιλέγω : $PS = 1,75$ (175%)

ΑΣΚΗΣΗ 4 (5.2)

Για να υπολογίσω το TMS, πρέπει πρώτα να βρω το $PSM_{MΣ}$

$$PSM_{MΣ} = \frac{i_{βραχυρ}}{R_{MΣ}}$$

$$R_{MΣ} = I_{επιλ, MΣ} \cdot PS = 1000 \cdot 1,75 A = 1750 A$$

$$\text{Οπότε: } PSM_{MΣ} = \frac{5000}{1750} \cong 2,86$$

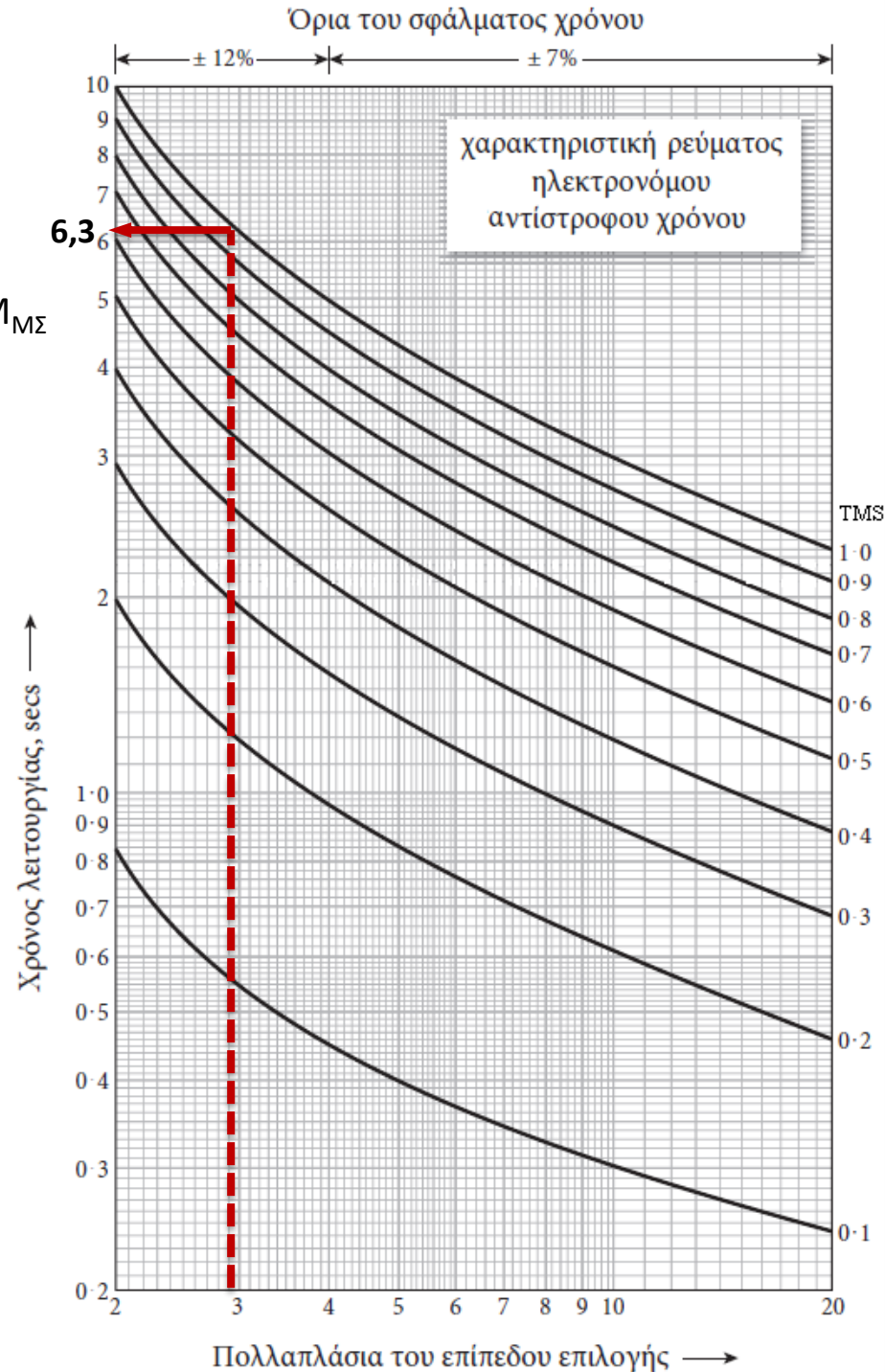
$$\text{Για TMS}=1 \rightarrow t_{R, MΣ} \cong 6,3 s$$

$$\text{Για TMS}=; \rightarrow t_{R, MΣ} = t_{R, γρ} + S = 0,9 + 0,5 s = 1,4 s$$

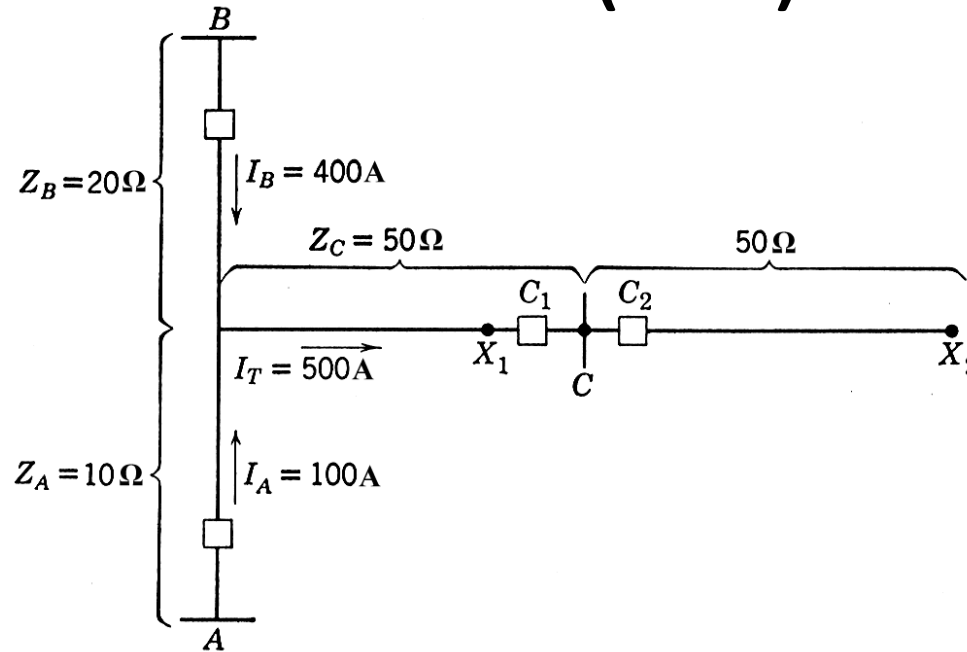
$$TMS = 1,4 \cdot 1 / 6,3 = 0,222$$

Το TMS ξεκινά από 0,05 ή 0,1 και ρυθμίζεται βηματικά ανά 0,025, άρα επιλέγεται:

$$TMS_{MΣ} = 0,225$$



ΑΣΚΗΣΗ 5 (6.1)



Από τη μελέτη του δικτύου, όπου όλες οι γραμμές έχουν κοινό λόγο R/X , βρέθηκε η κατανομή των ρευμάτων για ένα βραχυκύκλωμα στο X_1 . Ο ζυγός A θεωρείται άπειρος.

Η επέκταση των ηλεκτρονόμων απόστασης στα A και B δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη από την προστασία μιας γραμμής 100Ω , με περιθώριο 25%. Δηλαδή η επέκταση της τρίτης ζώνης είναι 125Ω , υποθέτοντας ότι οι ηλεκτρονόμοι απλώς μετρούν το V/I χωρίς καμία αντιστάθμιση.

i) Ποια είναι η αντίσταση που βλέπει ο ηλεκτρονόμος στο A, όταν συμβεί βραχυκύκλωμα στο X_1 ; Μπορεί ο ηλεκτρονόμος στο A να δει το βραχυκύκλωμα προτού λειτουργήσει ο διακόπτης B;

ii) Μπορεί ο ηλεκτρονόμος στο B να δει το βραχυκύκλωμα στο X_1 , πριν λειτουργήσει ο διακόπτης στο A;

iii) Αν για ένα βραχυκύκλωμα στο X_2 ο διακόπτης C_2 δε λειτουργήσει, θα γίνει εκκαθάριση του βραχυκυκλώματος από τους ηλεκτρονόμους στο A και B; Υποθέτουμε την ίδια αναλογία ρευμάτων βραχυκύκλωσης όπως στο (i) και (ii).

ΑΣΚΗΣΗ 5 (6.1)

i) Η αντίσταση που «βλεπει» ο ηλεκτρονόμος A για ένα βραχυκύκλωμα στο X_1 : $Z_A = V_A/I_A$

Όπου $V_A = Z_A \cdot I_A + Z_C \cdot I_T \Rightarrow$

$$V_A = 10 \cdot 100 + 50 \cdot 500 \text{ V} = 26000 \text{ V}$$

Άρα, $Z_A = V_A/I_A \Rightarrow Z_A = 26000/100 \Omega = 260 \Omega$

Επομένως, δεν μπορεί να δει το βραχυκύκλωμα αφού:

$$Z_A > Z_{A,max} \Rightarrow 260 \Omega > 125 \Omega$$

ii) Η αντίσταση που «βλεπει» ο ηλεκτρονόμος B για ένα βραχυκύκλωμα στο X_1 : $Z_B = V_B/I_B$

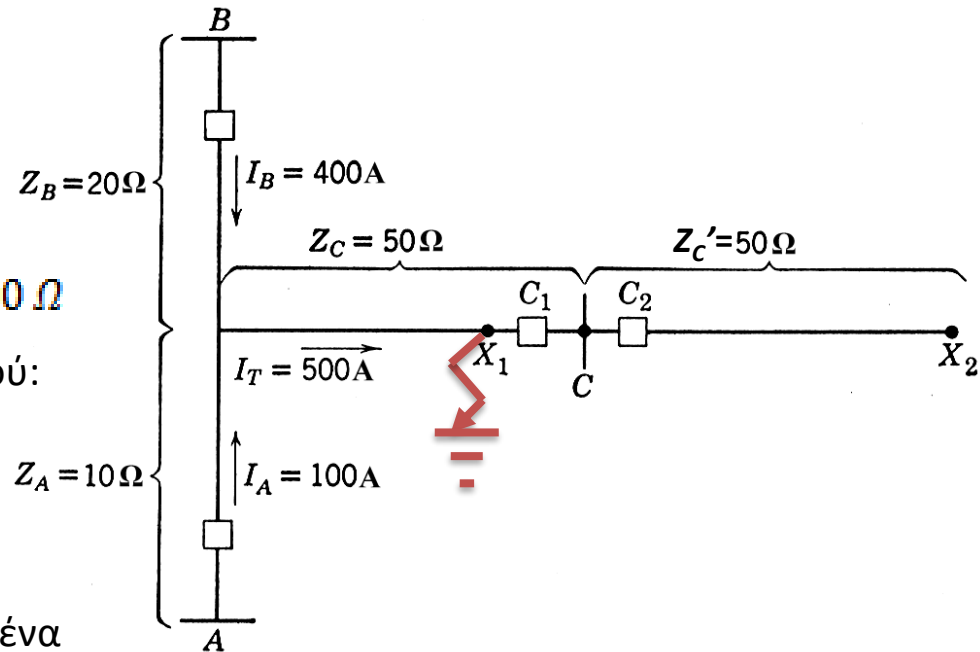
,όπου $V_B = Z_B \cdot I_B + Z_C \cdot I_T \Rightarrow$

$$V_B = 20 \cdot 400 + 50 \cdot 500 \text{ V} = 33000 \text{ V}$$

Άρα, $Z_B = V_B/I_B \Rightarrow Z_B = 33000/400 \Omega = 82,5 \Omega$

Επομένως, μπορεί να δει το βραχυκύκλωμα αφού:

$$Z_B < Z_{B,max} \Rightarrow 82,5 \Omega < 125 \Omega$$



ΑΣΚΗΣΗ 5 (6.1)

iii) Σε αυτήν την περίπτωση: $V_A = Z_A \cdot I_A + (Z_C + Z'_C) \cdot I_T$

Εφόσον, ο ζυγός A θεωρείται άπειρος, παραμένει:

$$V_A = 26000 \text{ V}$$

Ακόμα, η αναλογία των ρευμάτων παραμένει, οπότε :

$$I_T = 5 \cdot I_A$$

$$V_A = Z_A \cdot I_A + (Z_C + Z'_C) \cdot I_T \Rightarrow$$

$$26000 = 10 \cdot I_A + (50 + 50) \cdot 5 \cdot I_A \Leftrightarrow I_A \cong 51 \text{ A}$$

$$\text{και } I_T = 5 \cdot I_A \Rightarrow I_T = 5 \cdot 51 \text{ A} = 255 \text{ A}$$

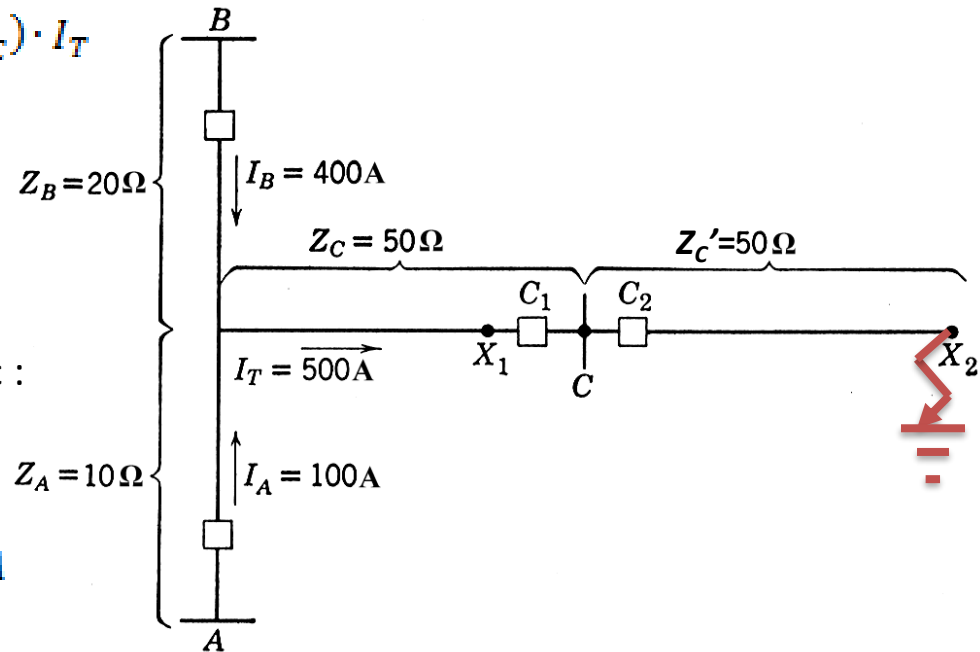
$$\text{Άρα: } I_B = I_T - I_A \Rightarrow I_B = 255 - 51 \text{ A} = 204 \text{ A}$$

$$\text{Συνεπώς, } V_B = Z_B \cdot I_B + (Z_C + Z'_C) \cdot I_T \Rightarrow V_B = 20 \cdot 204 + (50 + 50) \cdot 255 \text{ V} = 29580 \text{ V}$$

$$\text{Άρα, η αντίσταση που «βλέπει» ο ηλεκτρονόμος A υπολογίζεται: } Z_A = V_A / I_A \Rightarrow Z_A = 26000 / 51 \Omega \cong 510 \Omega$$

$$\text{Και ο ηλεκτρονόμος B: } Z_B = V_B / I_B \Rightarrow Z_B = 29580 / 204 \Omega \cong 145 \Omega$$

Επομένως, οι δύο ηλεκτρονόμοι δεν θα εκκαθαρίσουν το βραχυκύκλωμα, αφού βλέπουν αντιστάσεις μεγαλύτερες των 125 Ω.



ΑΣΚΗΣΗ 6 (6.2)

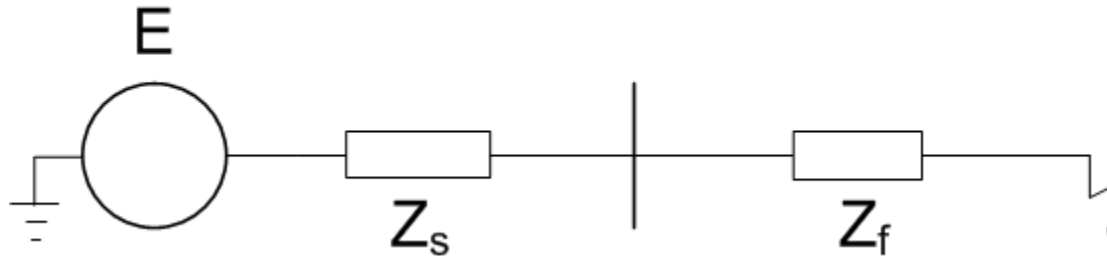
Ένας σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έχει έξι ίδιες μονάδες γεννήτριας-Μ/Σ. Οι γεννήτριες έχουν ονομαστικές τιμές 11 KV, 120 MW, 150 MVA και έχουν $X_1' = X_2 = 18\%$. Οι Μ/Σ έχουν ονομαστικές τιμές 150 MVA, 11/132 KV, Δ/Υ με γειωμένο ουδέτερο και $X=12\%$. Η γραμμή AB είναι 132 KV και έχει μήκος 60 Km με $X_1 = 0,7 \Omega/\text{φάση-Km}$. Υποθέτουμε ότι το σύστημα είναι αφόρτιστο με ονομαστική τάση. Ο ηλεκτρονόμος mho στο A απαιτεί για ικανοποιητική λειτουργία μία ελάχιστη τάση $V_{min}=3\%$ της ονομαστικής τάσης. Για ένα τριφασικό βραχυκύκλωμα υπολογίστε την ελάχιστη απόσταση του σφάλματος από τον ηλεκτρονόμο για ικανοποιητική λειτουργία του ηλεκτρονόμου, όταν:

A) Λειτουργεί η μία μόνο μονάδα.
B) Λειτουργούν και οι έξι μονάδες.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Δίνεται ότι για ικανοποιητική λειτουργία του ηλεκτρονόμου πρέπει $SIR \leq CIR$, (SIR: System Impedance Ratio, CIR: Characteristic Impedance Ratio) όπου $SIR = Z_s / Z_f$, $CIR = (V / V_{min}) - 1$
 Z_s η σύνθετη αντίσταση πηγής.
 Z_f η σύνθετη αντίσταση γραμμής από το σημείο του ηλεκτρονόμου μέχρι το σημείο του βραχυκυκλώματος.

ΑΣΚΗΣΗ 6 (6.2)

A) Απόδειξη σχέσης Characteristic Impedance Ratio > System Impedance Ratio, για να έχουμε σωστή λειτουργία του ηλεκτρονόμου:



$$V_r > V_{min} \Leftrightarrow \frac{E}{Z_f + Z_s} Z_f > V_{min} \Leftrightarrow \frac{E}{V_{min}} - 1 > \frac{Z_s}{Z_f} \quad \text{Στην περίπτωσή μας : } CIR = \frac{1}{0,03} - 1 = 32,3$$

Οι αντιστάσεις γεννητριών και μετασχηματιστών είναι ως προς την ίδια βάση (150 MVA) :

$$Z_s = 0,18j + 0,12j = 0,3j \text{ pu}$$

Για την αντίσταση γραμμής έως το σημείο που έχει ο ηλεκτρονόμος ικανοποιητική λειτουργία ισχύει:

$$CIR > SIR \Rightarrow 32,3 > \frac{0,3j}{Z_f} \Leftrightarrow Z_f > 0,0092879j \text{ pu}$$

$$\text{Η βάση των αντιστάσεων είναι: } Z_b = \frac{V_b^2}{S_b} \Rightarrow Z_b = \frac{132^2 \text{ kV}^2}{150 \text{ MVA}} = 116,16 \Omega$$

$$\text{Η αντίσταση ανά μονάδα μήκους σε pu υπολογίζεται : } X_1 = \frac{0,7j \text{ pu}}{116,16 \text{ φάση} \cdot \text{km}} \Rightarrow X_1 \cong 0,006j \frac{\text{pu}}{\text{φάση} \cdot \text{km}}$$

$$\text{Η ελάχιστη αντίσταση της γραμμής εμφανίζεται σε μήκος: } Z_f > \frac{0,0092879j}{0,006j} \text{ km} \Rightarrow Z_f > 1,548 \text{ km}$$

ΑΣΚΗΣΗ 6 (6.2)

B) Όταν λειτουργούν και οι έξι μονάδες έχουμε υποεξαπλάσια αντίσταση:

$$Z_s^* = \frac{Z_s}{6} \Rightarrow Z_s^* = \frac{0,3j}{6} pu = 0,05j pu$$

$$CIR > SIR \Rightarrow 32,3 > \frac{0,05j}{Z_f} \Leftrightarrow Z_f > 0,001548j pu$$

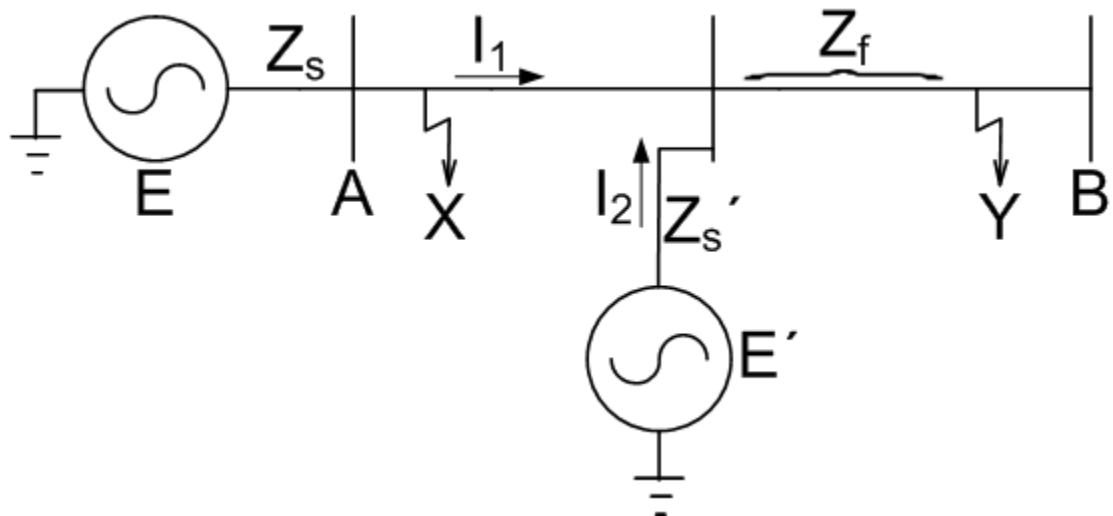
Η ελάχιστη αντίσταση της γραμμής εμφανίζεται σε μήκος: $Z_f > \frac{0,001548j}{0,006j} km \Rightarrow Z_f > 0,258 km$

Δηλαδή υποεξαπλασιάστηκε η απόσταση για ικανοποιητική λειτουργία !

Δηλαδή, όσο μικραίνει η αντίσταση πηγής...

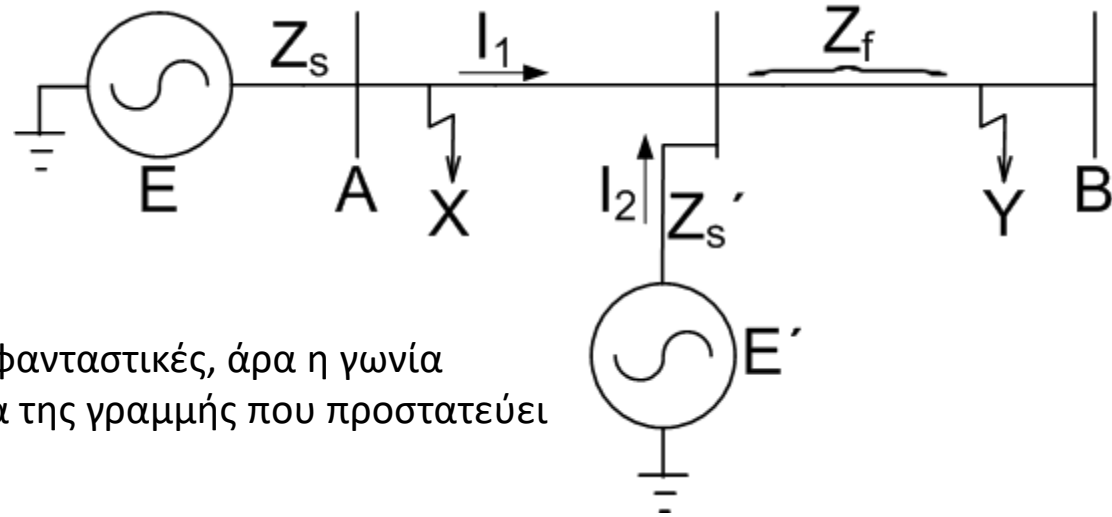
τόσο μικραίνει η ελάχιστη απόσταση για ικανοποιητική λειτουργία.

ΑΣΚΗΣΗ 7 (6.3)



Λειτουργούν όλες οι μονάδες του σταθμού της άσκησης 6.2, που συνδέονται στο ζυγό A. Ο ηλεκτρονόμος στο A έχει γωνία μέγιστης ροπής 90° και είναι ρυθμισμένος να προστατεύει το 80% της γραμμής AB. Ένας μικρός σταθμός που έχει αντίσταση πηγής $j158.6 \Omega/\text{φάση}$ στα 132 KV, συνδέεται τώρα στο μέσον της γραμμής AB. Υποθέτουμε ότι οι ηλεκτρεγερτικές τάσεις των πηγών είναι όλες ίσες με την ονομαστική τάση και συμφασικές (στην πραγματικότητα έχουν πολύ μικρή διαφορά φάσης). **Προσδιορίστε τη θέση ενός τριφασικού βραχυκυκλώματος που μόλις θέτει σε λειτουργία τον ηλεκτρονόμο και μετά υπολογίστε την υποεπέκταση του ηλεκτρονόμου.**

ΑΣΚΗΣΗ 7 (6.3)



Παρατήρηση: όλες οι αντιστάσεις είναι φανταστικές, άρα η γωνία μέγιστης ροπής 90° είναι ίση με τη γωνία της γραμμής που προστατεύει (δεν χρειάζεται διόρθωση για θ - τ).

Περίπτωση 1^η : Εάν το βραχυκύκλωμα είναι στο σημείο X (πριν το μέσο της γραμμής) . . . η τροφοδοσία της δεύτερης πηγής δεν επηρεάζει το ρεύμα του ηλεκτρονόμου στο A , οπότε η ελάχιστη απόσταση εξακολουθεί να είναι όση και στο 2^ο ερώτημα της προηγούμενης άσκησης, δηλαδή $0,258 \text{ km}$.

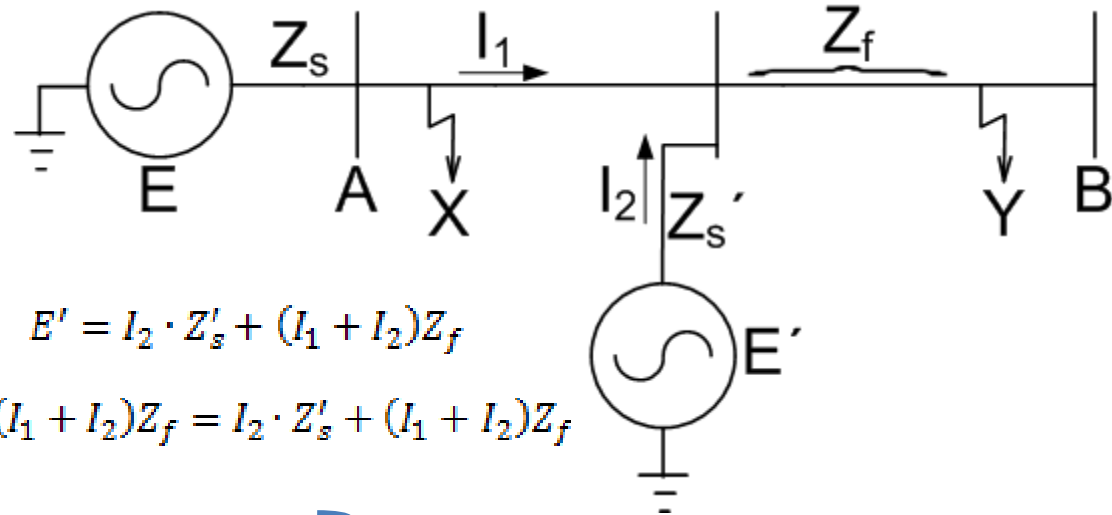
Περίπτωση 2^η : Εάν το βραχυκύκλωμα είναι στο σημείο Y (μετά το μέσο της γραμμής), τότε η αντίσταση που «βλέπει» ο ηλεκτρονόμος είναι:

$$Z_R = \frac{V_A}{I_1} = \frac{I_1 \frac{Z_{AB}}{2} + (I_1 + I_2)Z_f}{I_1} = \frac{Z_{AB}}{2} + \left(1 + \frac{I_2}{I_1}\right)Z_f$$

Ο ηλεκτρονόμος είναι ρυθμισμένος να προστατεύει το 80% της γραμμής, πριν της προσθήκη της δεύτερης πηγής, δηλαδή: $Z_R = 0,8 \cdot Z_{AB}$

Επομένως: $0,8 \cdot Z_{AB} = \frac{Z_{AB}}{2} + \left(1 + \frac{I_2}{I_1}\right)Z_f \Leftrightarrow 0,3 \cdot Z_{AB} = \left(1 + \frac{I_2}{I_1}\right)Z_f \Rightarrow Z_f = \frac{0,3 \cdot Z_{AB}}{1 + \frac{I_2}{I_1}} ;$

ΑΣΚΗΣΗ 7 (6.3)



Όμως $E = I_1(Z_s + \frac{Z_{AB}}{2}) + (I_1 + I_2)Z_f$ και $E' = I_2 \cdot Z'_s + (I_1 + I_2)Z_f$

Άρα επειδή $E = E' = 1 \Rightarrow I_1(Z_s + \frac{Z_{AB}}{2}) + (I_1 + I_2)Z_f = I_2 \cdot Z'_s + (I_1 + I_2)Z_f$

$$I_1(Z_s + \frac{Z_{AB}}{2}) = I_2 \cdot Z'_s \Leftrightarrow \frac{I_2}{I_1} = \frac{Z_s + \frac{Z_{AB}}{2}}{Z'_s} \quad \dots \text{ όλα γνωστά!}$$

$$Z_{AB} = l \cdot \frac{X_1}{Z_b} = 60 \cdot \frac{0,7}{116,16} j \mu\Omega = 0,36157 j \mu\Omega$$

$$Z'_s = \frac{158,6}{116,16} j \mu\Omega = 1,3654 j \mu\Omega$$

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{0,05j + 0,36157j/2}{1,3654j} = 0,169$$

$$Z_f = \frac{0,3 \cdot Z_{AB}}{1 + \frac{I_2}{I_1}} \Rightarrow Z_f = \frac{0,3 \cdot 0,36157}{1 + 0,169} j \mu\Omega = 0,0928 j \mu\Omega$$

Σαν ποσοστό της Z_{AB} : $\frac{Z_f}{Z_{AB}} = \frac{0,0928}{0,36157} = 0,2566 = 25,66\%$

Αν δεν υπήρχε ο μικρός σταθμός στο μέσον της γραμμής, τότε $I_2 = 0$, οπότε :

$$Z'_f = \frac{0,3 \cdot Z_{AB}}{1 + \frac{I_2}{I_1}} \Rightarrow \frac{Z'_f}{Z_{AB}} = 0,3 = 30\%$$

Δηλαδή, λόγω του μικρού σταθμού υπάρχει υποεπέκταση κατά : $\frac{Z'_f}{Z_{AB}} - \frac{Z_f}{Z_{AB}} = (30 - 25,66)\% = 4,34\%$