



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών &
Μηχανικών Υπολογιστών
Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων



ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Διδάσκοντες

- Φραγκίσκος Β. Τοπαλής, Καθηγητής.
Γραφείο: 1.2.10 / Παλαιό κτίριο Ηλεκτρολόγων
- Ιωάννης Φ. Γκόνος, Αναπληρωτής Καθηγητής.
Γραφείο: 2.2.12 / Παλαιό κτίριο Ηλεκτρολόγων
- Νικολέτα Χ. Ηλία, ΕΔΙΠ.
Γραφείο: 1.2.11 / Παλαιό κτίριο Ηλεκτρολόγων
- Βασιλική Θ. Κονταργύρη, ΕΔΙΠ.
Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων: 1.2.16 / Παλαιό κτίριο Ηλεκτρολόγων



Διδασκαλία του μαθήματος

Θεωρία

- Πέμπτη: 10:45 - 14:30
- Εξ αποστάσεως μέσω MS Teams
<https://teams.microsoft.com/l/team/19%3a6a4f93cbc2b642e5a714063894eab515%40thread.tacv2/conversations?groupId=68f0e21e-ae87-4329-be6a-18e0c4983e41&tenantId=075e0cb3-752a-4320-b367-6d08b7918c40>
- Λογιστικές ασκήσεις

Εργαστήριο

- Πέμπτη: 15:00 - 19:30 (σε ομάδες)
- Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων (Παλαιό κτίριο Ηλεκτρολόγων)

Πληροφορίες για το μάθημα

- http://mycourses.ntua.gr/course_description/index.php?cidReq=ECE1109

Εξέταση - Βαθμολογία

- Η τελική βαθμολογία του μαθήματος θα διαμορφωθεί από:
 - το βαθμό της Γραπτής Εξέτασης (βαρύτητα 70%)
 - το βαθμό του Εργαστηρίου (βαρύτητα 15%)
 - το βαθμό σε σειρές ασκήσεων (βαρύτητα 15%).

Προϋπόθεση: Ο τελικός βαθμός μπορεί να είναι προβιβάσιμος μόνο αν ο βαθμός της Γραπτής Εξέτασης είναι μεγαλύτερος από 3 στα 7.
- Η εξέταση του μαθήματος πραγματοποιείται με ανοικτά βιβλία και σημειώσεις.
- Η συμμετοχή στη γραπτή εξέταση του μαθήματος προϋποθέτει την επιτυχή παρακολούθηση του εργαστηρίου.
- Ο βαθμός του εργαστηρίου συνυπολογίζεται μόνο κατά το έτος παρακολούθησης του εργαστηρίου. Για τους φοιτητές παλαιότερων ετών ο τελικός βαθμός προκύπτει μόνο από το βαθμό του γραπτού και τις σειρές ασκήσεων.

Βιβλιογραφία

■ Επιλογές Συγγραμμάτων :

- Βιβλίο [50659285]: Υψηλές τάσεις Ι, Σταθόπουλος Ι. [Λεπτομέρειες](#)
- Βιβλίο [50656002]: Υψηλές Τάσεις, 3η Έκδοση, Οικονόμου Λ., Χριστοδούλου Χ., Φώτης Γ. [Λεπτομέρειες](#)
- Βιβλίο [86198405]: Στοιχεία υψηλών τάσεων, Μιχαήλ Γ. Δανίκας [Λεπτομέρειες](#)

■ Πρόσθετο Διδακτικό Υλικό:

- Βιβλίο [73270178]: High voltage engineering [electronic resource], Kuffel, E. / Zaengl, W. S. / Kuffel, J. [Λεπτομέρειες](#)
- Βιβλίο [91680592]: High Voltage Engineering [electronic resource], Andreas Küchler [Λεπτομέρειες](#)

Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων (1)

- Το εργαστήριο είναι υποχρεωτικό για το μάθημα. Απαιτούνται:
 - παρουσία των φοιτητών σε όλες τις εργαστηριακές ασκήσεις που διεξάγονται στη διάρκεια του εξαμήνου και
 - παράδοση γραπτής εργασίας. Η εργασία πρέπει να παραδοθεί την ημέρα διεξαγωγής της επόμενης εργαστηριακής άσκησης από τον καθένα φοιτητή.
- Οι φοιτητές, κατά την προσέλευσή τους στο εργαστήριο για την παρακολούθηση εργαστηριακής άσκησης, πρέπει να είναι προετοιμασμένοι ως προς το θεωρητικό μέρος της αντίστοιχης εργαστηριακής άσκησης.
- Τις εκφωνήσεις των εργαστηριακών ασκήσεων μπορείτε να τις βρείτε στην ιστοσελίδα του μαθήματος στο mycourses.
- Συμμετοχή στο εργαστήριο μία φορά μόνο, την πρώτη φορά που δίνεται το μάθημα.

Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων (1)

- Οι εργαστηριακές ασκήσεις θα διεξάγονται ημέρα Πέμπτη κατά τις εξής ώρες:
 - Τμήμα Α στις 15:00-16:30
 - Τμήμα Β στις 16:30-18:00
 - Τμήμα Γ στις 18:00-19:30
- Για την εγγραφή σας σε ομάδα απαιτείται:
 - να έχετε πρώτα εγγραφεί ως χρήστης του μαθήματος στο mycourses και
 - μετά να εγγραφείτε σε βάρδια στην ενότητα Εργαλεία-Ομάδες.
- Οι φοιτητές μπορούν να επιλέξουν, εφ' όσον αυτό καθίσταται δυνατόν, την ώρα που επιθυμούν να παρακολουθήσουν τις εργαστηριακές ασκήσεις. Είναι αυτονόητο ότι, όσο πιο γρήγορα κάνετε την εγγραφή σας, τόσο πιο εύκολο θα είναι να επιλέξετε ωράριο της αρεσκείας σας.

Μετρήσεις και Εφαρμογές Υψηλών Τάσεων

■ Εργαστηριακές ασκήσεις

- Μετρητικό σύστημα γεννήτριας υψηλών κρουστικών τάσεων
- Έλεγχος διηλεκτρικής αντοχής μονωτικών λαδιών - Διάσπαση ατμοσφαιρικού αέρα σε ανομοιογενές πεδίο με εναλλασσόμενη τάση
- Απώλειες CORONA σε γραμμές υψηλής τάσης

■ Σειρές ασκήσεων

■ Δυνατότητα εργαστηριακής εμβάθυνσης

■ Λογιστικές ασκήσεις

Μετρήσεις και Εφαρμογές Υψηλών Τάσεων - Ύλη (1)

- Υπολογισμός ηλεκτρικού πεδίου διατάξεων υψηλών τάσεων.
- Αλγόριθμοι προσομοίωσης ηλεκτρομαγνητικών πεδίων υψηλών τάσεων με συγκεντρωμένα στοιχεία.
- Αναλυτικός και αριθμητικός υπολογισμός ηλεκτρικών πεδίων πρακτικής σημασίας:
 - μετασχηματισμός συντεταγμένων,
 - σύμμορφη απεικόνιση,
 - μέθοδος των διαδοχικών επαναλήψεων,
 - μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων,
 - μέθοδος των ισοδυνάμων φορτίων.

Μετρήσεις και Εφαρμογές Υψηλών Τάσεων - Ύλη

- Τεχνικές μετρήσεως:
 - υψηλών τάσεων,
 - ισχυρών ρευμάτων,
 - ισχύος,
 - ενέργειας,
 - μερικών εκκενώσεων.
- Διηλεκτρικές μετρήσεις.
- Βελτιστοποίηση συστημάτων μετρήσεως υψηλών τάσεων.
- Σφάλματα κατά τη μέτρηση υψηλών τάσεων.
- Μερικές εκκενώσεις και διάσπαση σε αέρα, στερεά, υγρά και λοιπά αέρια μονωτικά.
- Εκκενώσεις σε μονωτικά.

Υπολογισμός ηλεκτρικών πεδίων

Γιατί;

- Οικονομία
- Ύψος γραμμών – αποστάσεις μεταξύ τους

Πώς;

- Αναλυτικές μέθοδοι
- Αριθμητικές μέθοδοι

Μέθοδοι υπολογισμού ηλεκτρικών πεδίων

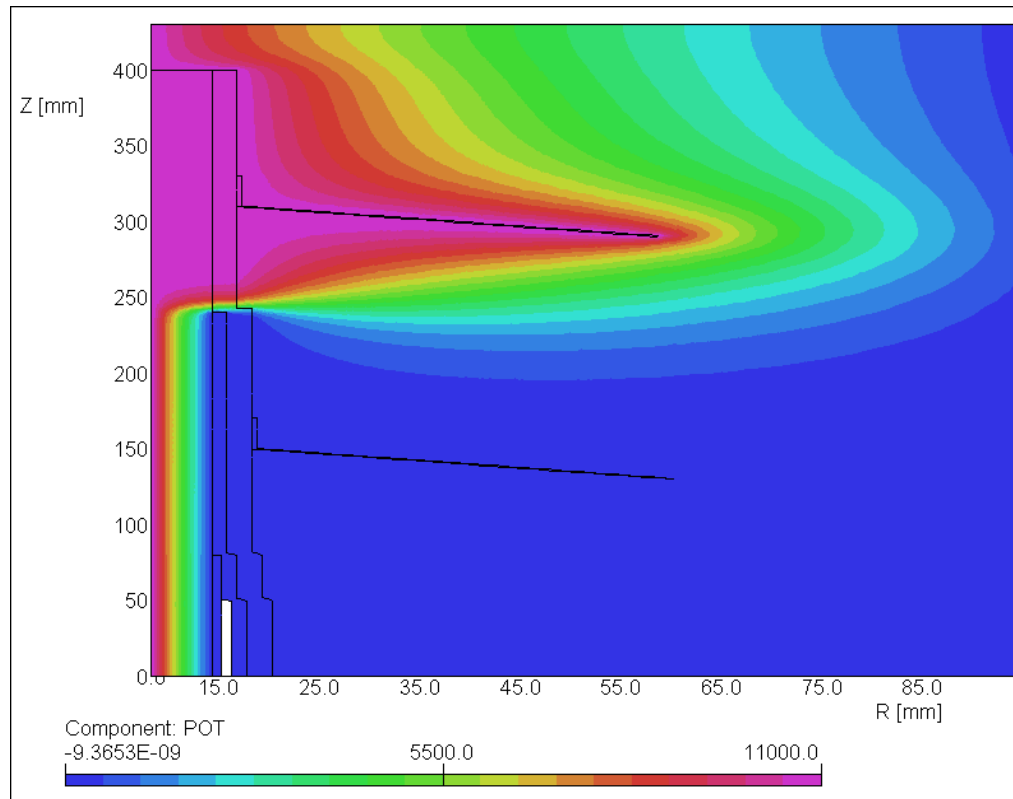
Αναλυτικές μέθοδοι

- Εξίσωση Laplace/Poisson
- Μετασχηματισμός συντεταγμένων
- Σύμμορφη απεικόνιση

Αριθμητικές μέθοδοι

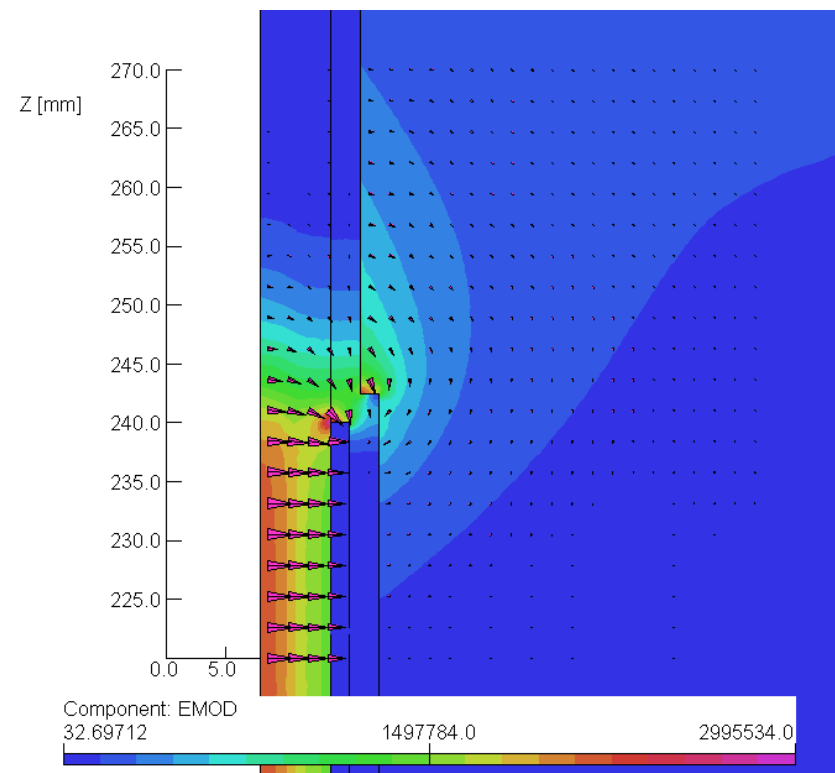
- Διαφορικές μέθοδοι
 - Διαδοχικές επαναλήψεις
 - Πεπερασμένα στοιχεία
- Ολοκληρωτικές μέθοδοι
 - Ισοδύναμα φορτία
 - Επιφανειακά τμήματα
- Υβριδική μέθοδος (πεπερασμένα στοιχεία και ισοδύναμα φορτία)

Υπολογισμός πεδίου σε καλώδιο



Κατανομή δυναμικού

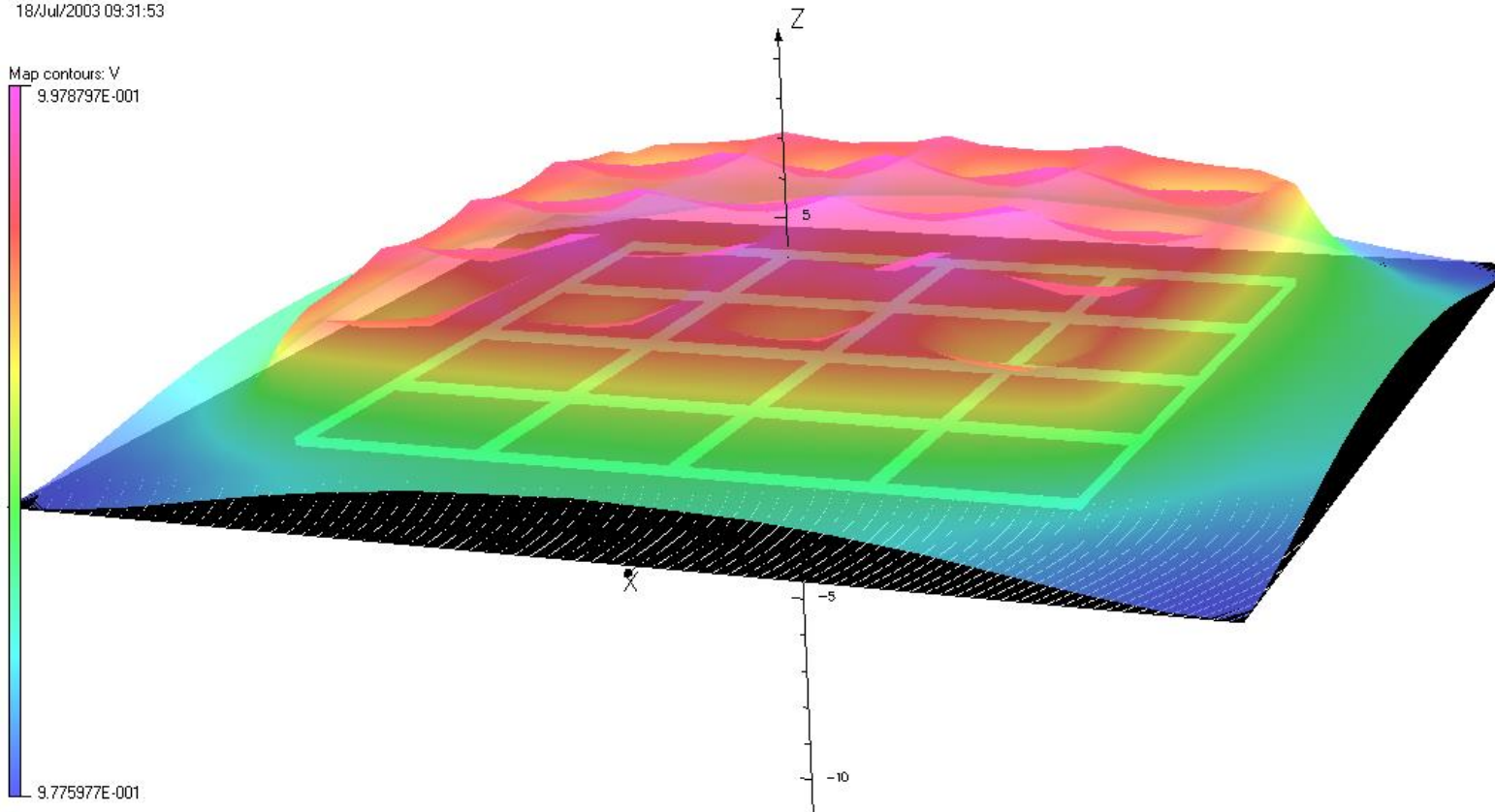
Ένταση του ηλεκτρικού πεδίου



Κατανομή δυναμικού στην επιφάνεια του εδάφους

18/Jul/2003 09:31:53

Map contours: V
9.978797E-001



UNITS

Length	m
Magn Flux	T
Density	
Magn Field	A/m
Magn Scalar	A
Pot	
Magn Vector	Wb/m
Pot	
Elec Flux	C/m ²
Density	
Elec Field	V/m
Conductivity	S/m
Current Density	A/m ²
Power	W
Force	N
Energy	J

PROBLEM DATA

rectgrid_ref1_allg.op3
TOSCA Current flow
Linear materials
Simulation No 1 of 1
2476817 elements
450737 nodes
Nodally interpolated fields

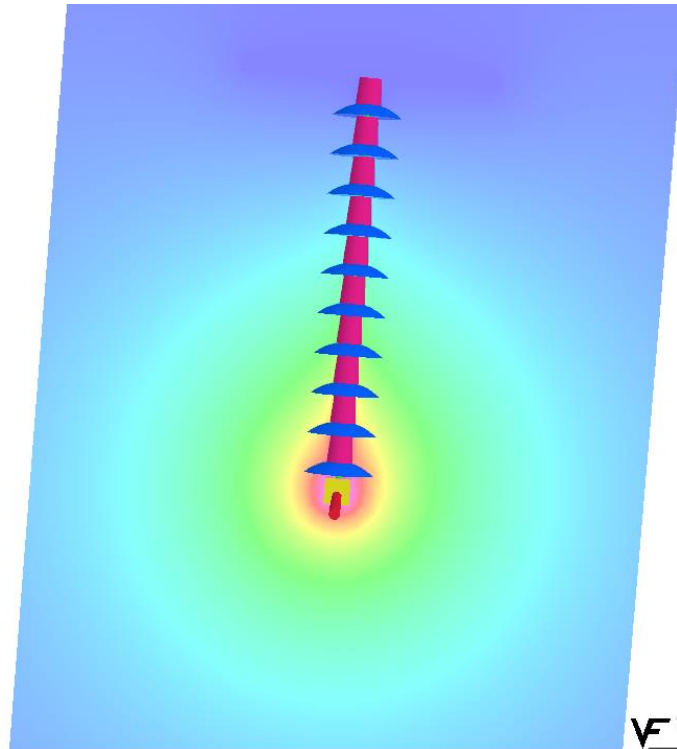
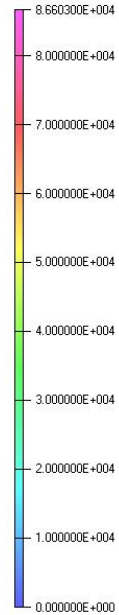
Local Coordinates

Origin: 0.0, 0.0, 0.0
Local XYZ = Global XYZ

Υπολογισμός πεδίου σε μονωτήρα

9/???/2006 12:16:51

Map contours: V



Κατανομή δυναμικού

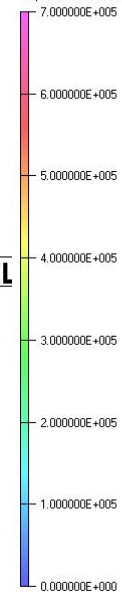
V VECTOR FIEL

UNITS
Length mm
Magn Flux T
Density
Magn Field A m
Magn Scalar A
Pot
Magn Vector Wb
Pot m'
Elec Flux C m
Density
Elec Field V m
Conductivity S
mm
Current A
Density mm
Power W
Force N
Energy J

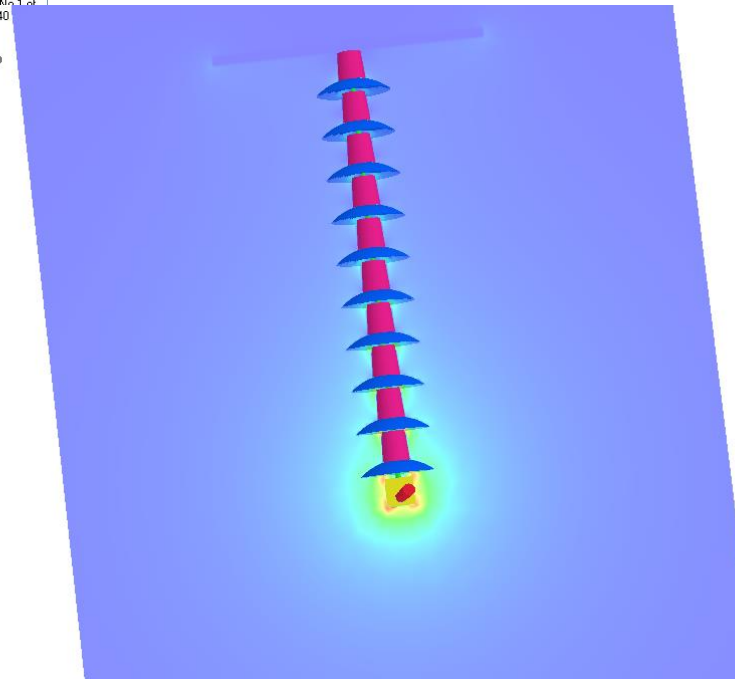
PROBLEM DATA
porcelainaggla9.op2
TOSCA
Electrostatic
Linear materials
Simulation No.1 of

9/???/2006 12:13:40

Map contours: EMOD



Ένταση του ηλεκτρικού πεδίου



UNITS
Length mm
Magn Flux T
Density
Magn Field A m
Magn Scalar A
Pot
Magn Vector Wb
Pot m'
Elec Flux C m
Density
Elec Field V m
Conductivity S
mm
Current A
Density mm
Power W
Force N
Energy J

PROBLEM DATA
porcelainaggla9.op2
TOSCA
Electrostatic
Linear materials
Simulation No.1 of
1
3785164 elements
640648 nodes
Nodally interpolated
fields

Local Coordinates
Origin: 0.0, 0.0, 0.0
Local XYZ = Global
XYZ

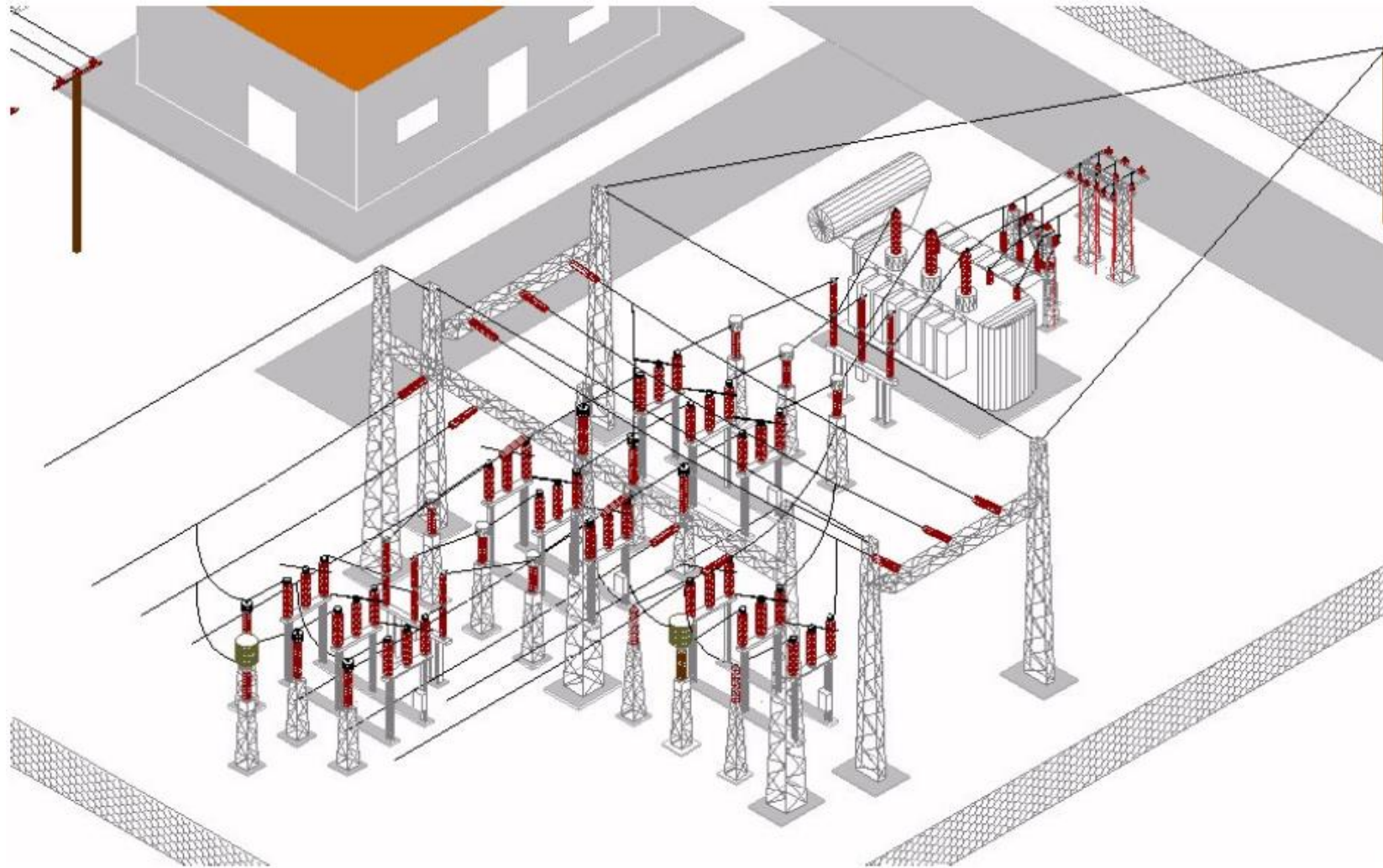
Πυλώνας



Πυλώνας



Σχηματική αναπαράσταση υποσταθμού



Υποσταθμός



Διάταξη ζυγών ΥΥΤ ΚΥΤ

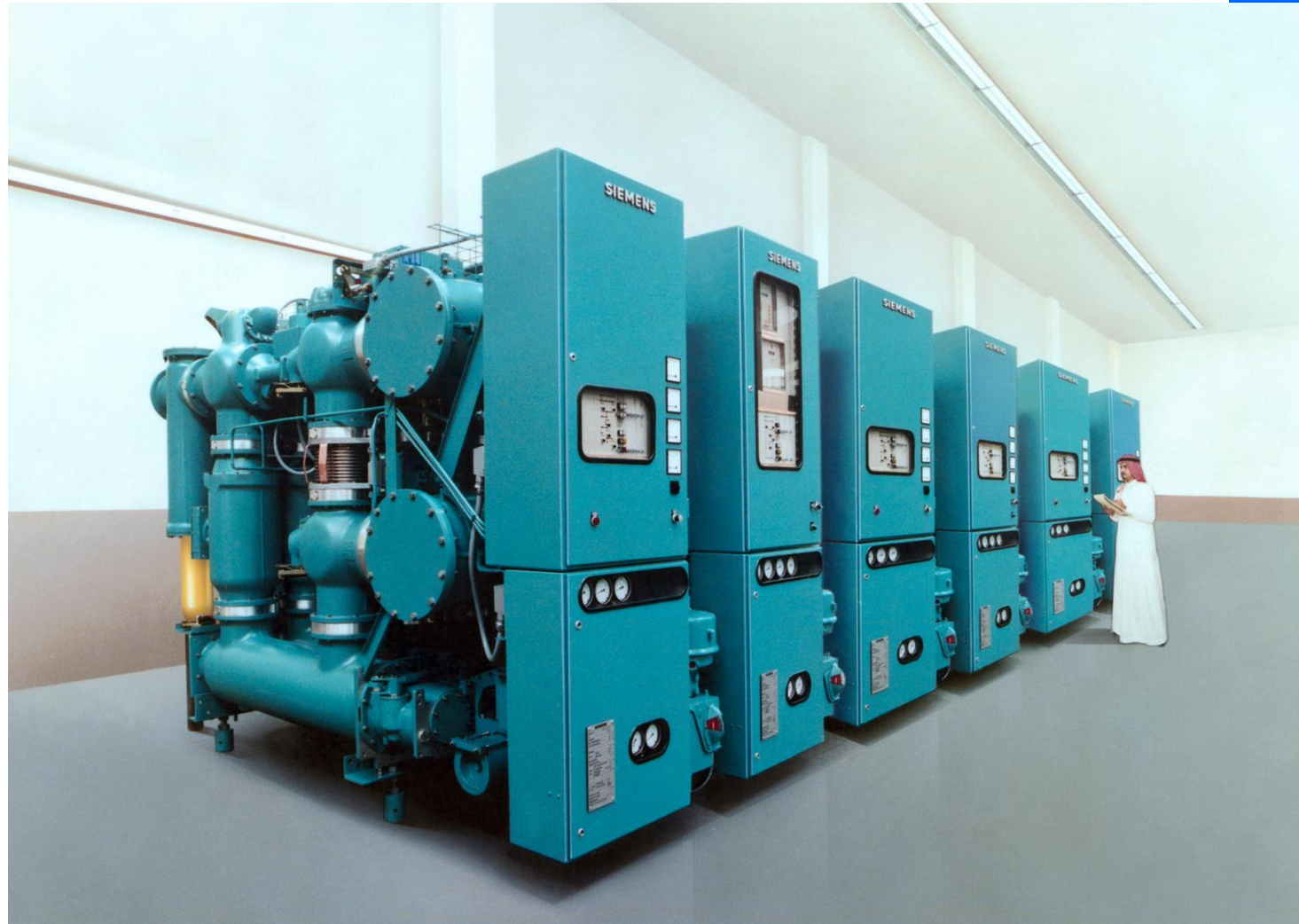


Gas Insulated Switchgear (GIS)



Εισαγωγή στις Υψηλές Τάσεις, Λ. Οικονόμου, Γ. Φώτης, Χ. Χριστοδούλου [SIEMENS]

Εξοπλισμός υποσταθμού με μόνωση αερίου Gas Insulated Switchgear (GIS)



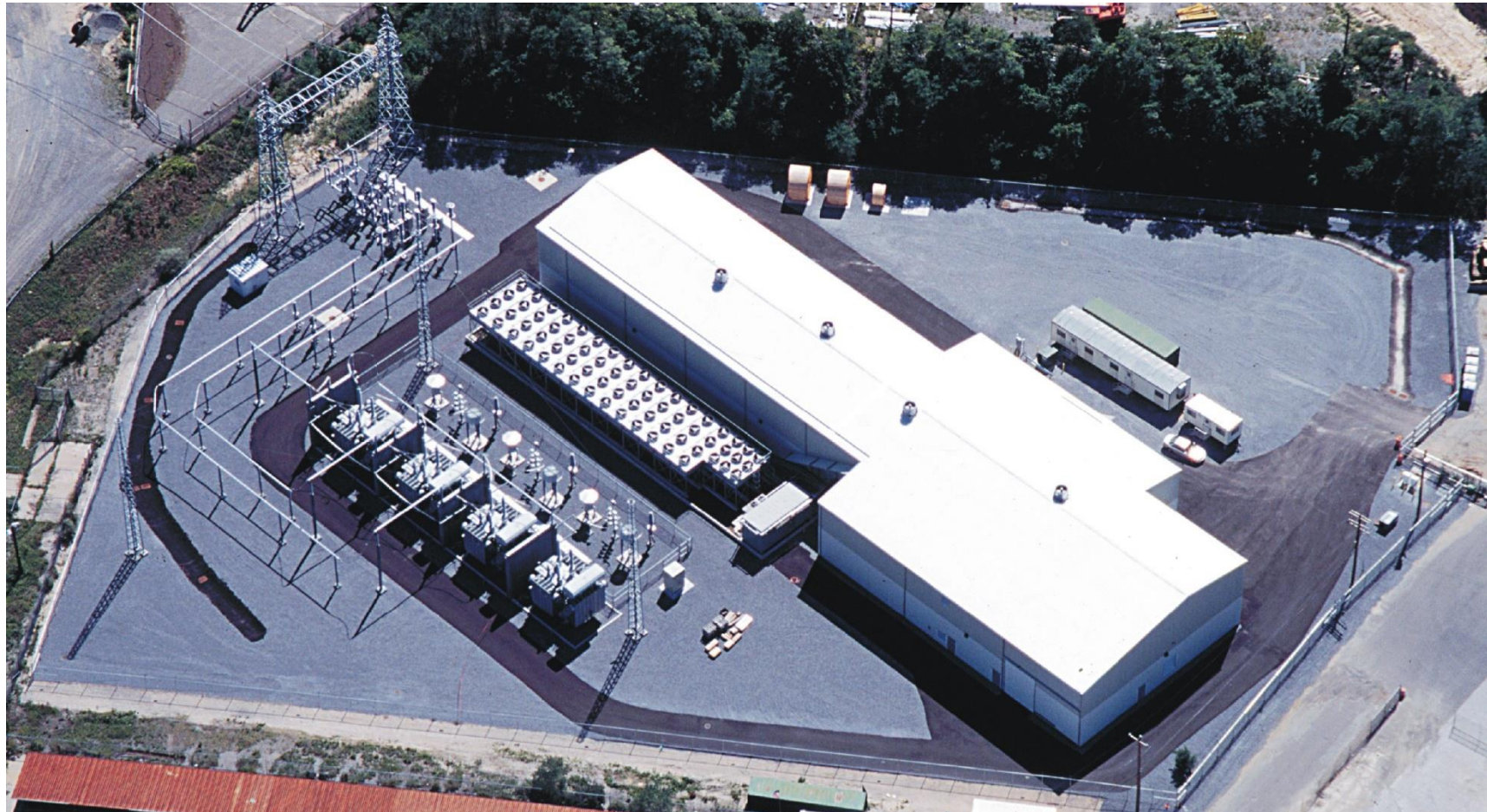
Εισαγωγή στις Υψηλές Τάσεις, Λ. Οικονόμου, Γ. Φώτης, Χ. Χριστοδούλου [SIEMENS]

Μεταλλοενδεδυμένος υποσταθμός 170kV με δύο τριφασικούς ζυγούς μόνωσης αερίου SF6 (G.I.S)



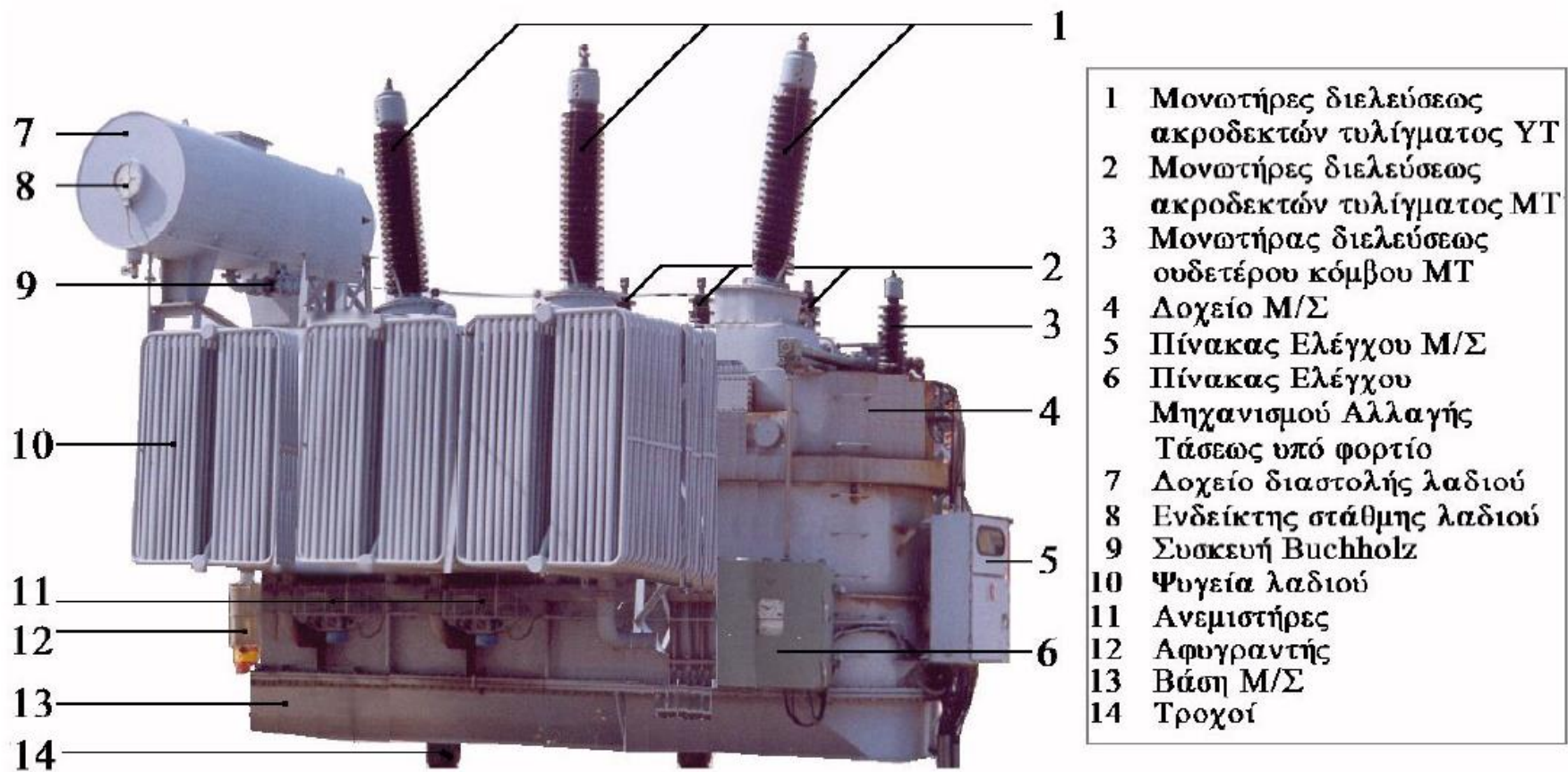
Εισαγωγή στις Υψηλές Τάσεις, Λ. Οικονόμου, Γ. Φώτης, Χ. Χριστοδούλου [ABB]

Σταθμός μετατροπής, HVDC 360 MW τύπου Voltage Source Converter (VSC)



Εισαγωγή στις Υψηλές Τάσεις, Λ. Οικονόμου, Γ. Φώτης, Χ. Χριστοδούλου [ABB]

Μετασχηματιστής Ισχύος



Μετασχηματιστής Ισχύος (105 MVA, 150 / 26,5 kV)



Εισαγωγή στις Υψηλές Τάσεις, Λ. Οικονόμου, Γ. Φώτης, Χ. Χριστοδούλου [ABB]

Μετασχηματιστής Ισχύος 566MVA / 765kV



Εισαγωγή στις Υψηλές Τάσεις, Λ. Οικονόμου, Γ. Φώτης, Χ. Χριστοδούλου [ABB]

Μετασχηματιστής ισχύος



Εισαγωγή στις Υψηλές Τάσεις, Λ. Οικονόμου, Γ. Φώτης, Χ. Χριστοδούλου [SIEMENS]

Μετασχηματιστής σταθμού μετατροπής (converter transformer) E.P / Σ.Ρ 800 kV UHVDC, στην αίθουσα δοκιμών



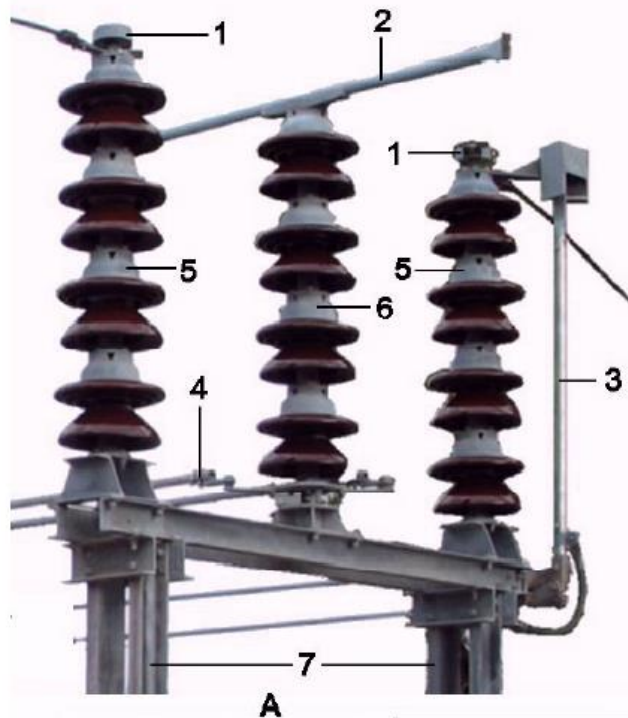
Εισαγωγή στις Υψηλές Τάσεις, Λ. Οικονόμου, Γ. Φώτης, Χ. Χριστοδούλου [ABB]

Μετατροπέας (inverter) AC-DC υψηλής τάσης

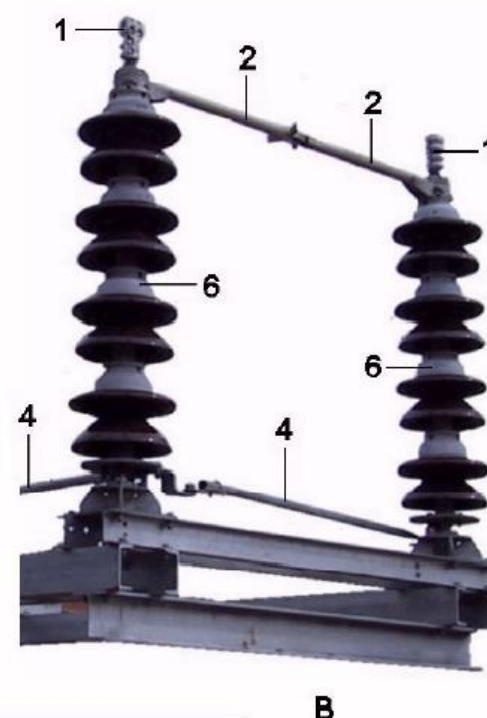


Εισαγωγή στις Υψηλές Τάσεις, Λ. Οικονόμου, Γ. Φώτης, Χ. Χριστοδούλου [SIEMENS]

Αποζεύκτες



Αποζεύκτης ΥΤ
διπλής απόζευξης
με γειωτή



Αποζεύκτης ΥΤ
απλής απόζευξης

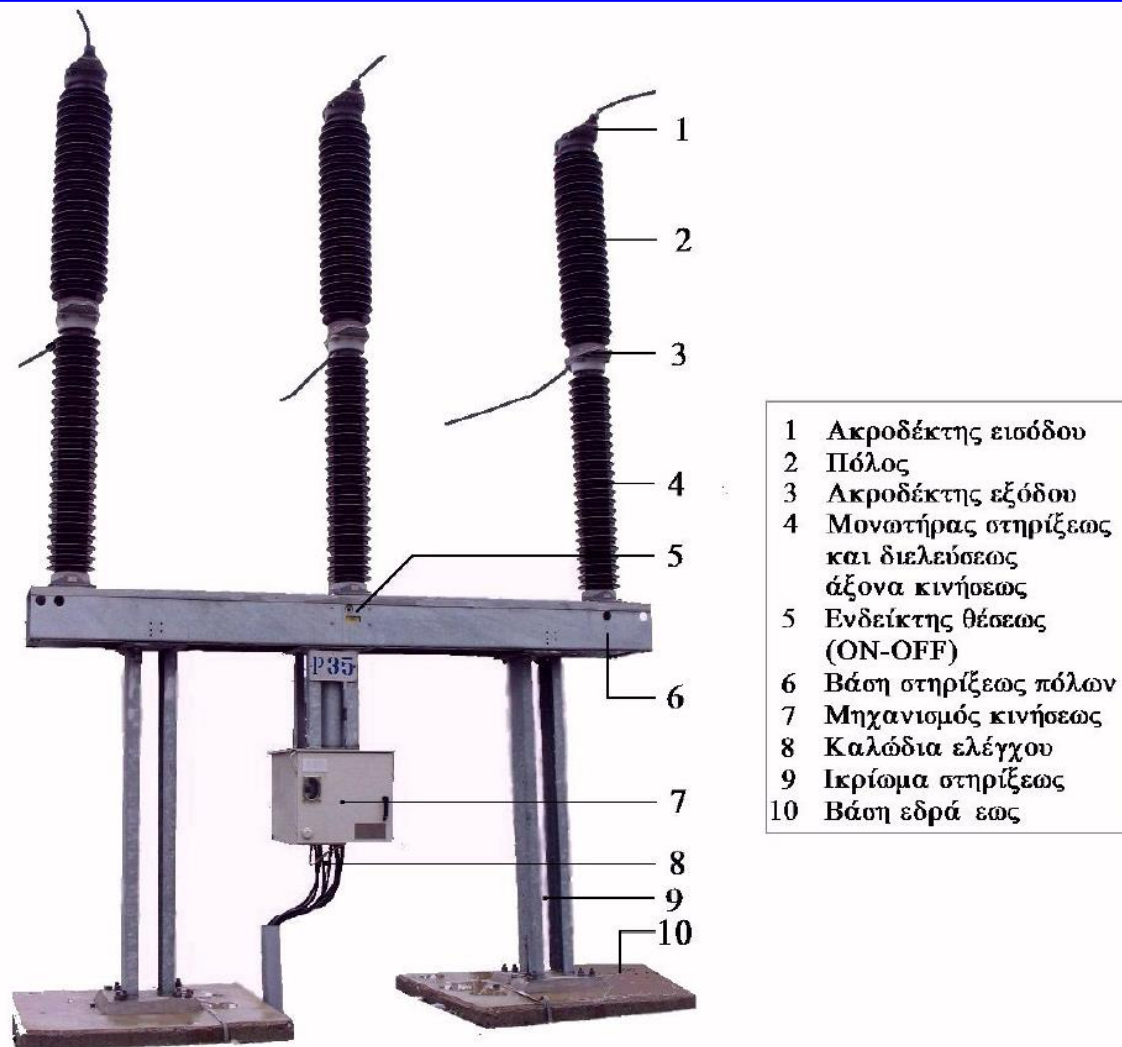
- 1: Ακροδέκτης
- 2: Ράβδος Αποζεύξεως
- 3: Ράβδος Γειώσεως (Γειωτής)
- 4: Ράβδοι κινήσεως
- 5: Σταθεροί μονωτήρες
- 6: Περιστρεφόμενος μονωτήρας
- 7: Ικρίωμα στηρίξεως

Αποζεύκτες 400kV



Εισαγωγή στις Υψηλές Τάσεις, Λ. Οικονόμου, Γ. Φώτης, Χ. Χριστοδούλου [SIEMENS]

Διακόπτης Ισχύος



Διακόπτης Ισχύος circuit breaker LTB 420 kV



Εισαγωγή στις Υψηλές Τάσεις, Λ. Οικονόμου, Γ. Φώτης, Χ. Χριστοδούλου [ABB]

Διακόπτης Ισχύος 170 kV a.c.



Εισαγωγή στις Υψηλές Τάσεις, Λ. Οικονόμου, Γ. Φώτης, Χ. Χριστοδούλου [ABB]

Διακόπτη ισχύος



Εισαγωγή στις Υψηλές Τάσεις, Λ. Οικονόμου, Γ. Φώτης, Χ. Χριστοδούλου [SIEMENS]

Διακόπτης ισχύος



Εισαγωγή στις Υψηλές Τάσεις, Λ. Οικονόμου, Γ. Φώτης, Χ. Χριστοδούλου [SIEMENS]

Διακόπτης κενού

τύπος 3AH 4.16 kV έως 38 kV



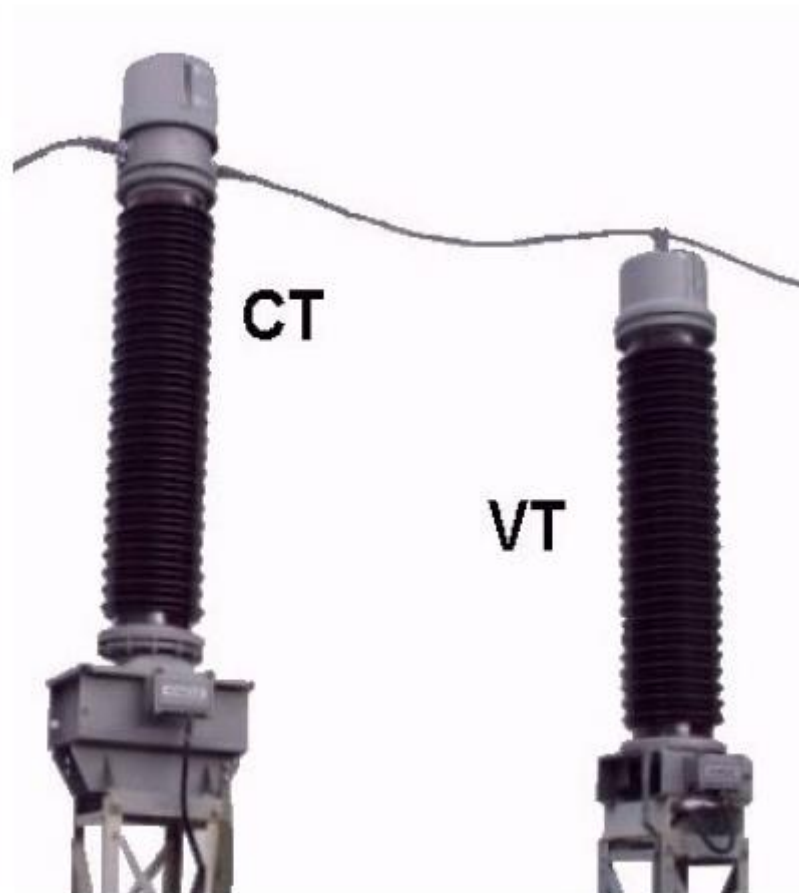
Εισαγωγή στις Υψηλές Τάσεις, Λ. Οικονόμου, Γ. Φώτης, Χ. Χριστοδούλου [SIEMENS]

Διακόπτης Ζυγών Γεννητριών (Generator Circuit breaker HEC_7)



Εισαγωγή στις Υψηλές Τάσεις, Λ. Οικονόμου, Γ. Φώτης, Χ. Χριστοδούλου [ABB]

Μετασχηματιστές εντάσεως (CT) και τάσεως (VT)



Μετασχηματιστής τάσης (VT) 170 kV



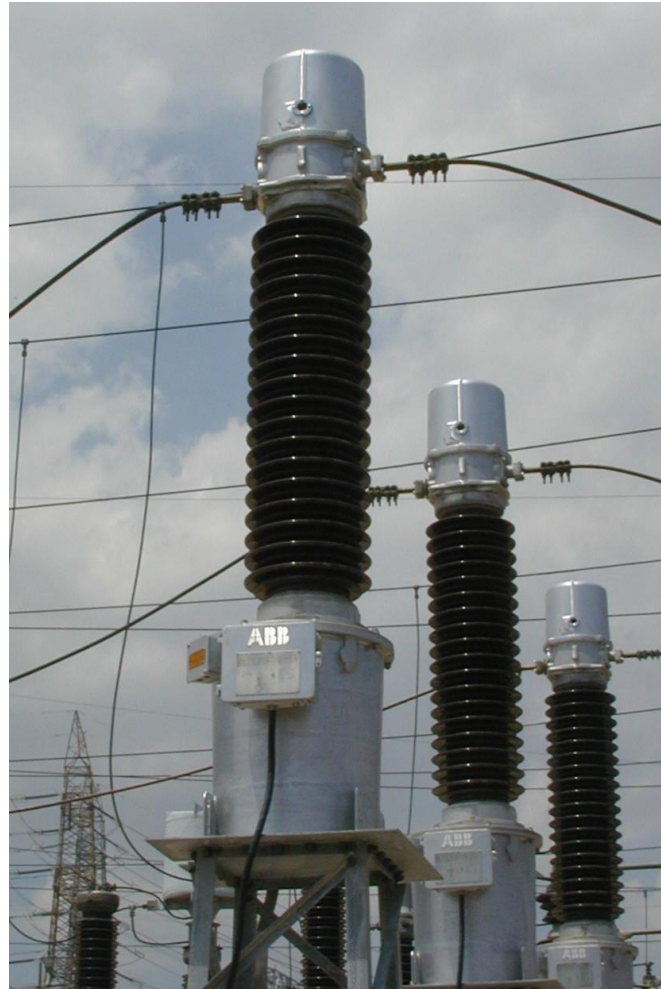
Εισαγωγή στις Υψηλές Τάσεις, Λ. Οικονόμου, Γ. Φώτης, Χ. Χριστοδούλου [ABB]

Μετασχηματιστής Έντασης (CT) 420 kV με μόνωση πολυμερούς



Εισαγωγή στις Υψηλές Τάσεις, Λ. Οικονόμου, Γ. Φώτης, Χ. Χριστοδούλου [ABB]

Μετασχηματιστής Έντασης (CT) 170 kV



Εισαγωγή στις Υψηλές Τάσεις, Λ. Οικονόμου, Γ. Φώτης, Χ. Χριστοδούλου [ABB]

1 Έξοδος αερισμού
 2 Διάφραγμα αποπίεσεως
 3 Ελατήριο
 4 Στεγανοποίηση
 5 Συγκόλληση
 6 Μεταλλικό χώρισμα
 7 Αντίσταση ΜΟ
 8 Ράβδος στηρίξεως
 9 Πλάκα συγκρατήσεως
 10 Περίβλημα πορσελάνης
 11 Μεταλλική βάση

Απαγωγέας υπερτάσεων



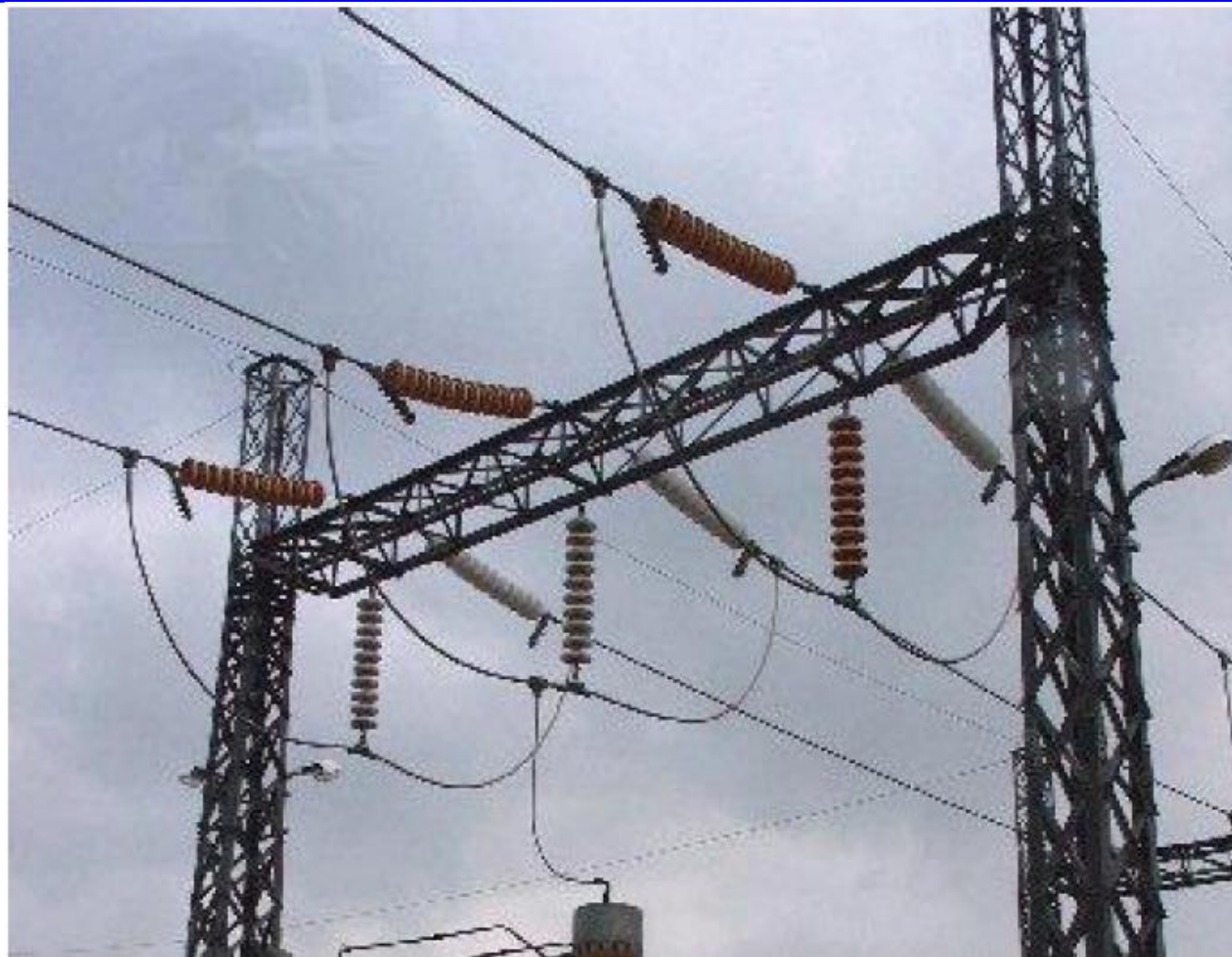
Εισαγωγή στις Υψηλές Τάσεις, Λ. Οικονόμου, Γ. Φώτης, Χ. Χριστοδούλου [SIEMENS]

Αλεξικέραυνο 420 kV τύπου PEXLIM



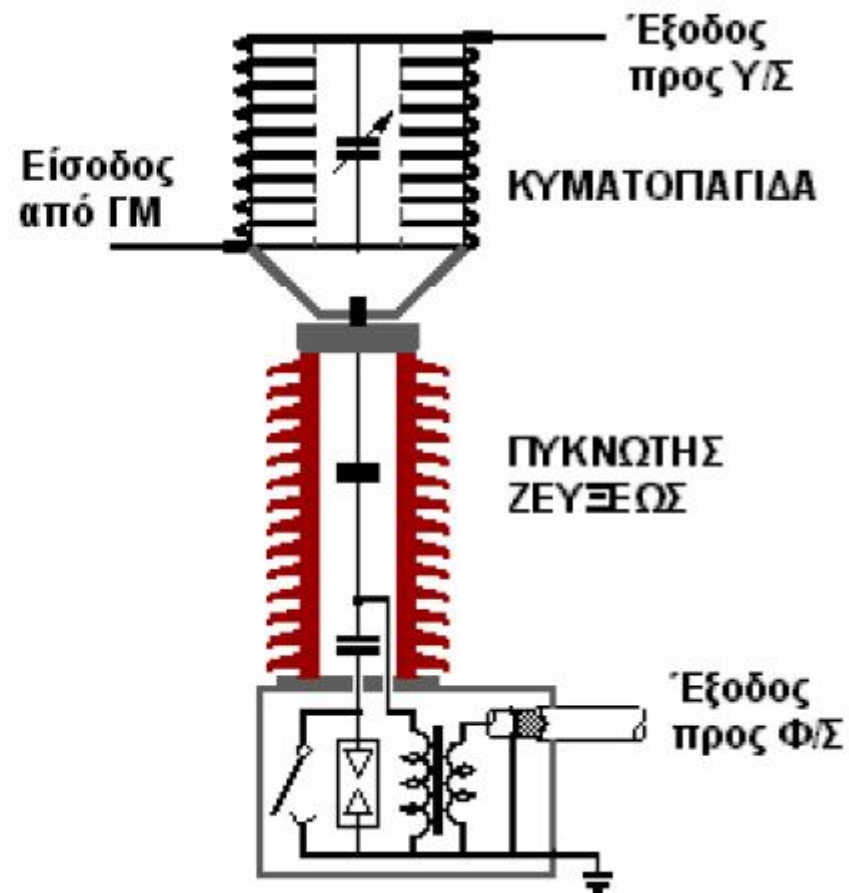
Εισαγωγή στις Υψηλές Τάσεις, Λ. Οικονόμου, Γ. Φώτης, Χ. Χριστοδούλου [ABB]

Ανάρτηση εναέριων ζυγών

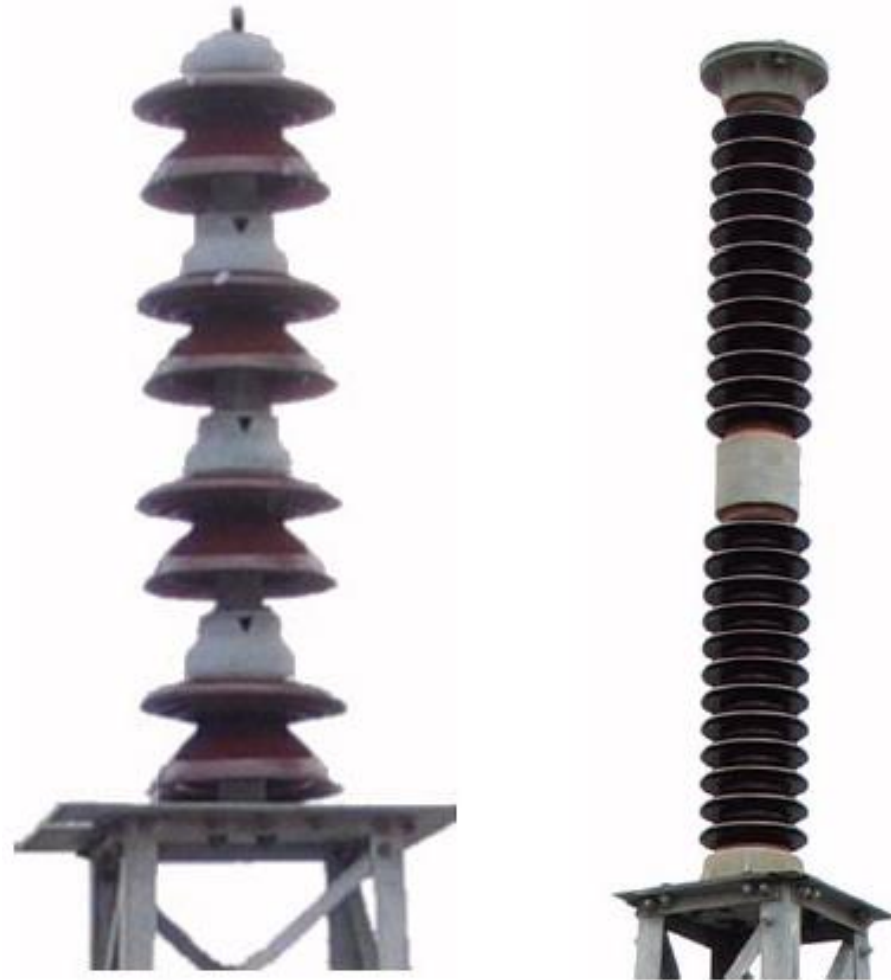


Ο Υποσταθμός Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας, Β. Πασχαλίδης

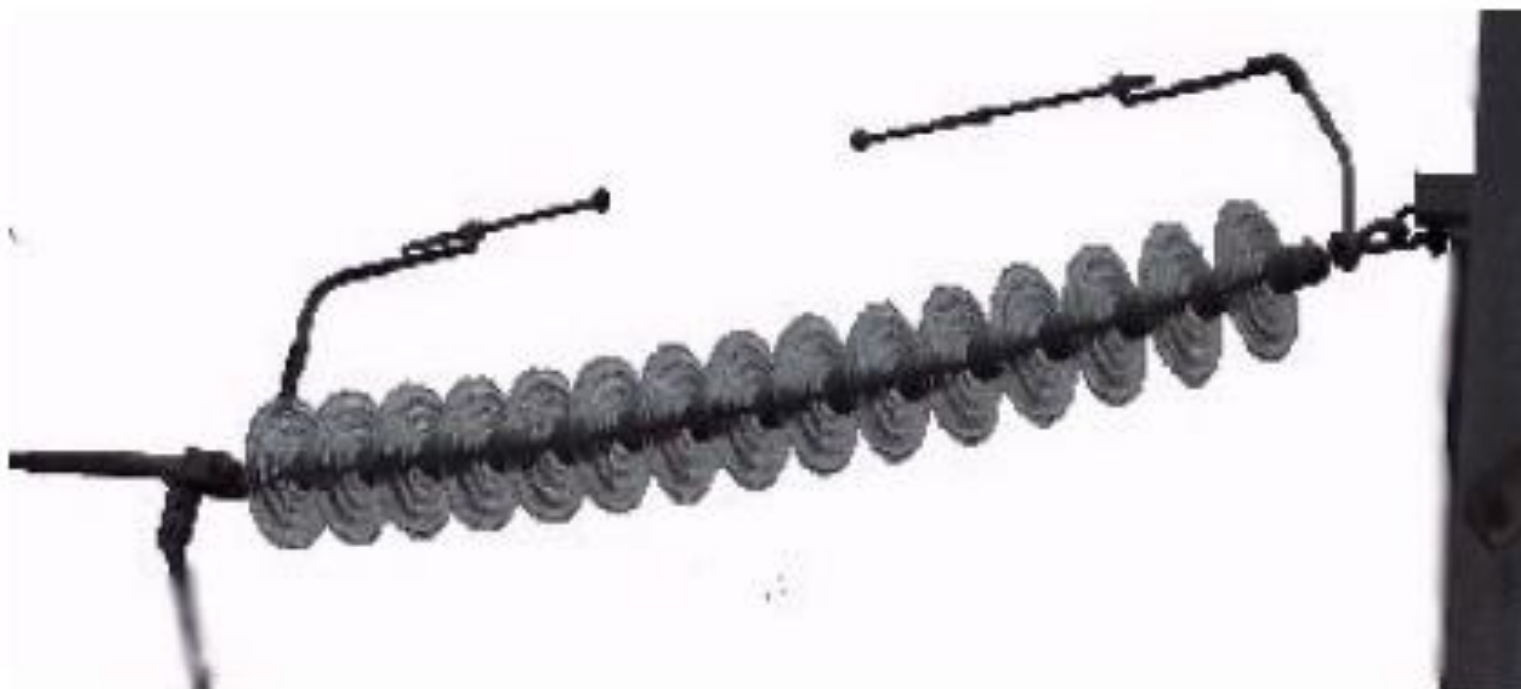
Κυματοπαγίδα και Πυκνωτής Ζεύξεως



Μονωτήρες στηρίξεως



Μονωτήρες αναρτήσεως



Καλώδια



Καλώδια YT, MT και XT

α, β: 150 kV, γ, δ: τριπολικό και μονοπολικό 20kV,

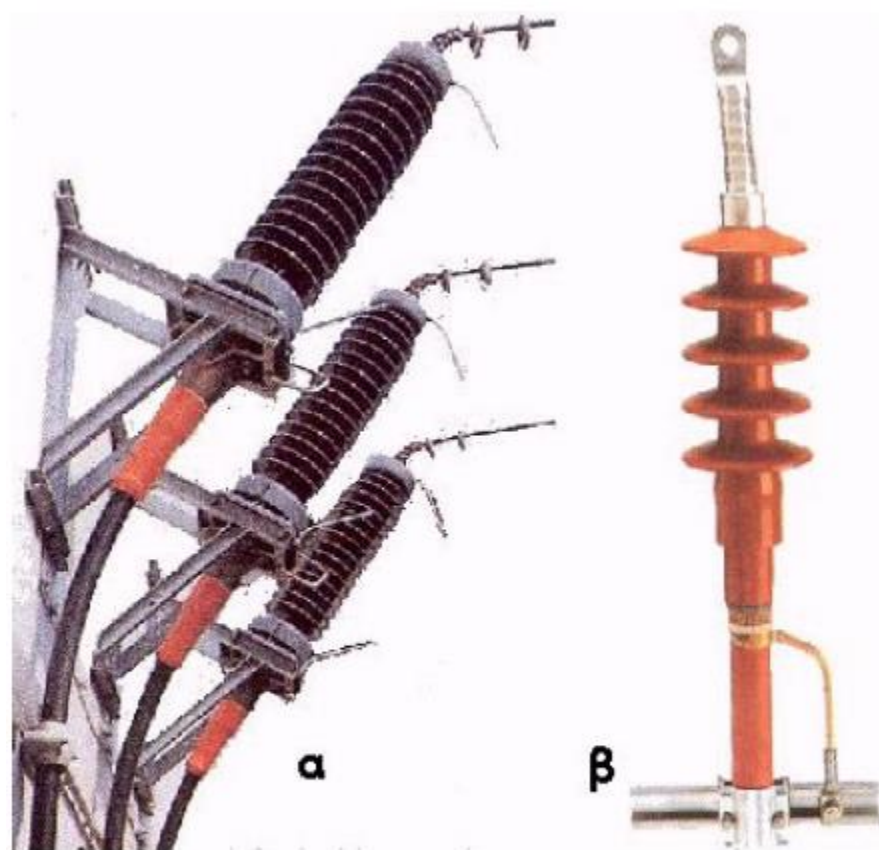
ε: πολυπολικό καλώδιο ελέγχου

Υποβρύχια μονοπολικά καλώδια ΣΡ 150 kV DC



Εισαγωγή στις Υψηλές Τάσεις, Λ. Οικονόμου, Γ. Φώτης, Χ. Χριστοδούλου [ABB]

Ακροκιβώτια



Ακροκιβώτια καλωδίων

α: 150 kV. β: 20 kV

Συστοιχία πυκνωτών αντιστάθμισης Capacitor banks 155 kV (26,5 MVar)



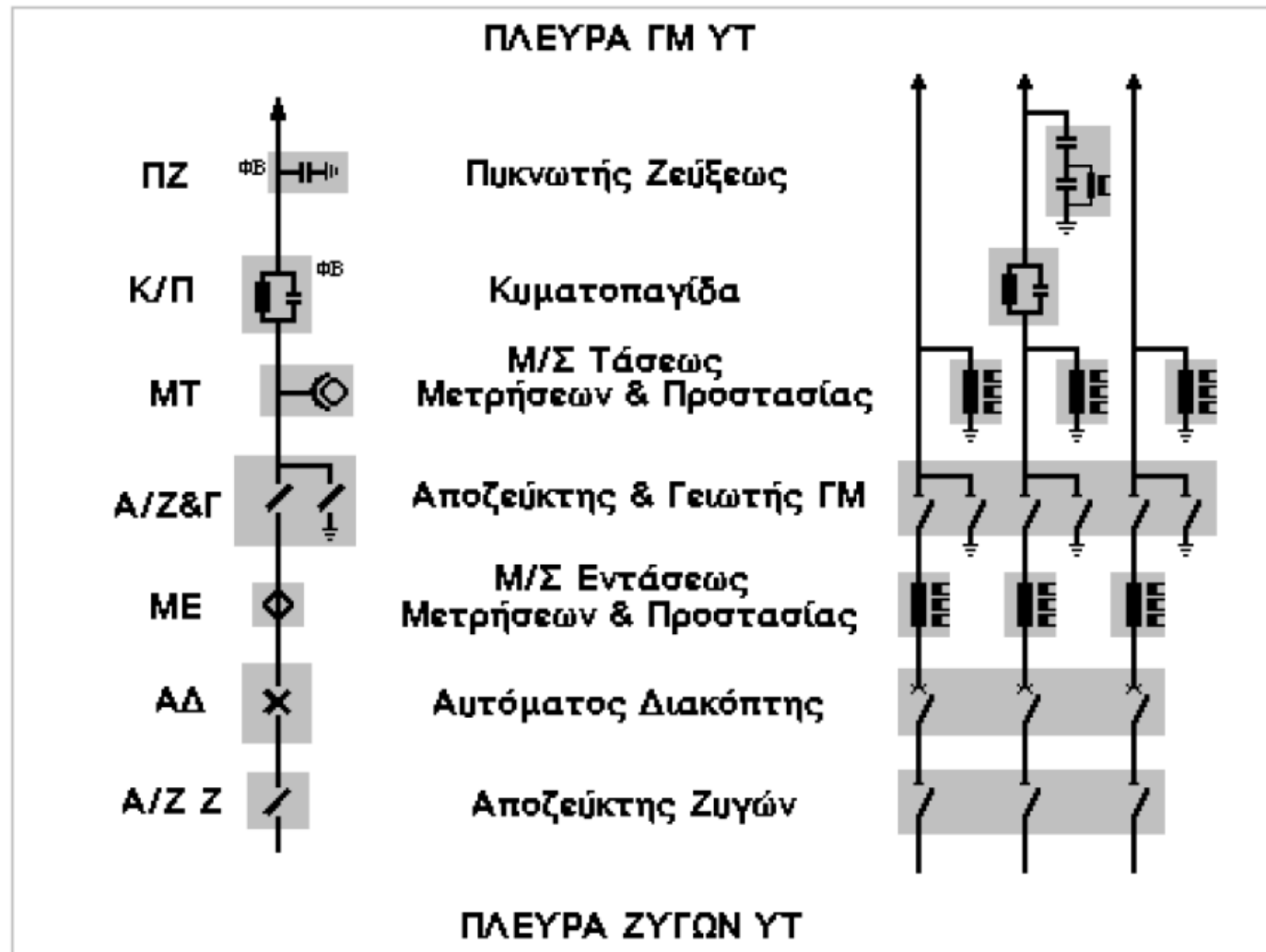
Εισαγωγή στις Υψηλές Τάσεις, Λ. Οικονόμου, Γ. Φώτης, Χ. Χριστοδούλου [ABB]

Πίνακας Μέσης Τάσης

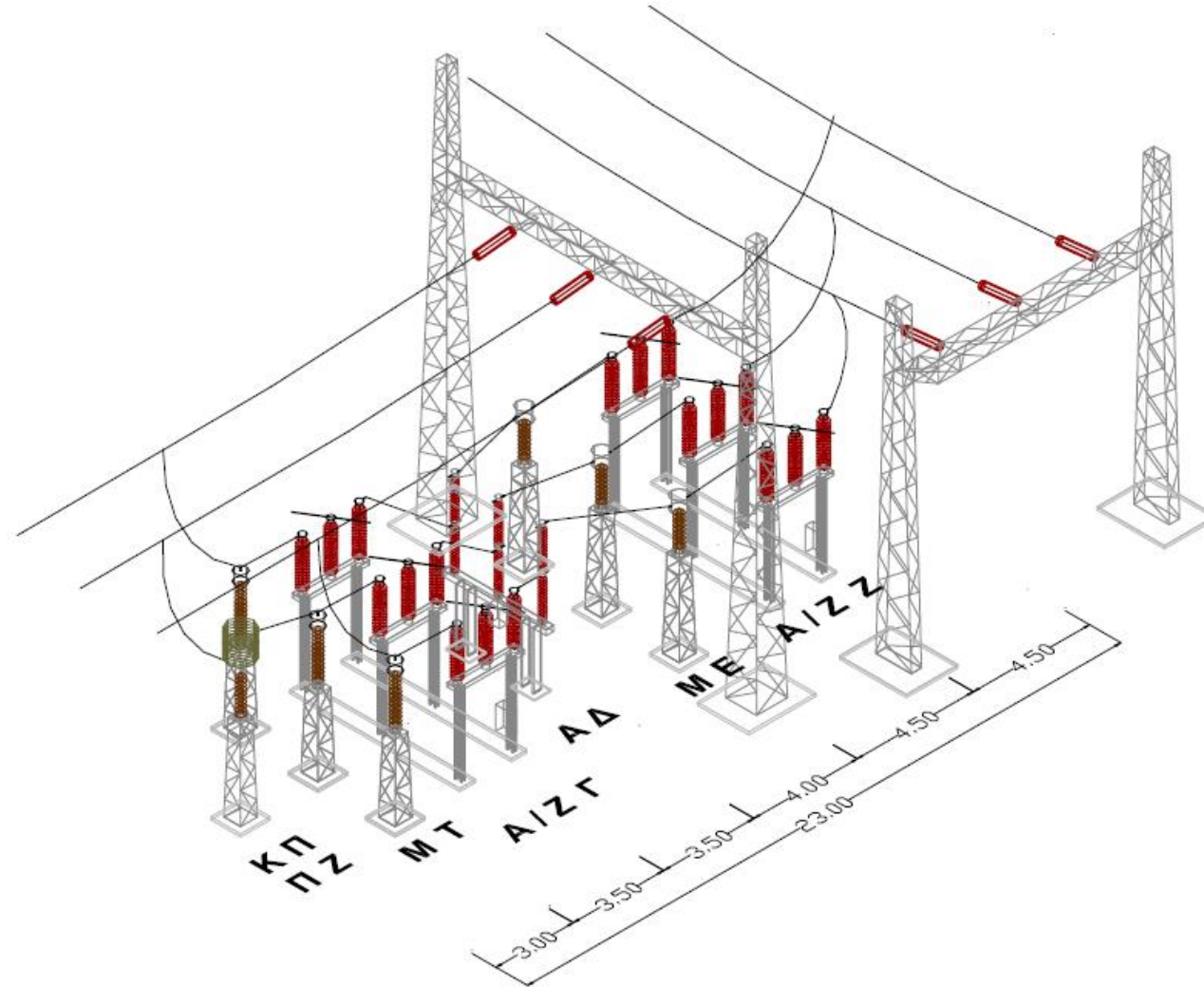


Εισαγωγή στις Υψηλές Τάσεις, Λ. Οικονόμου, Γ. Φώτης, Χ. Χριστοδούλου [SIEMENS]

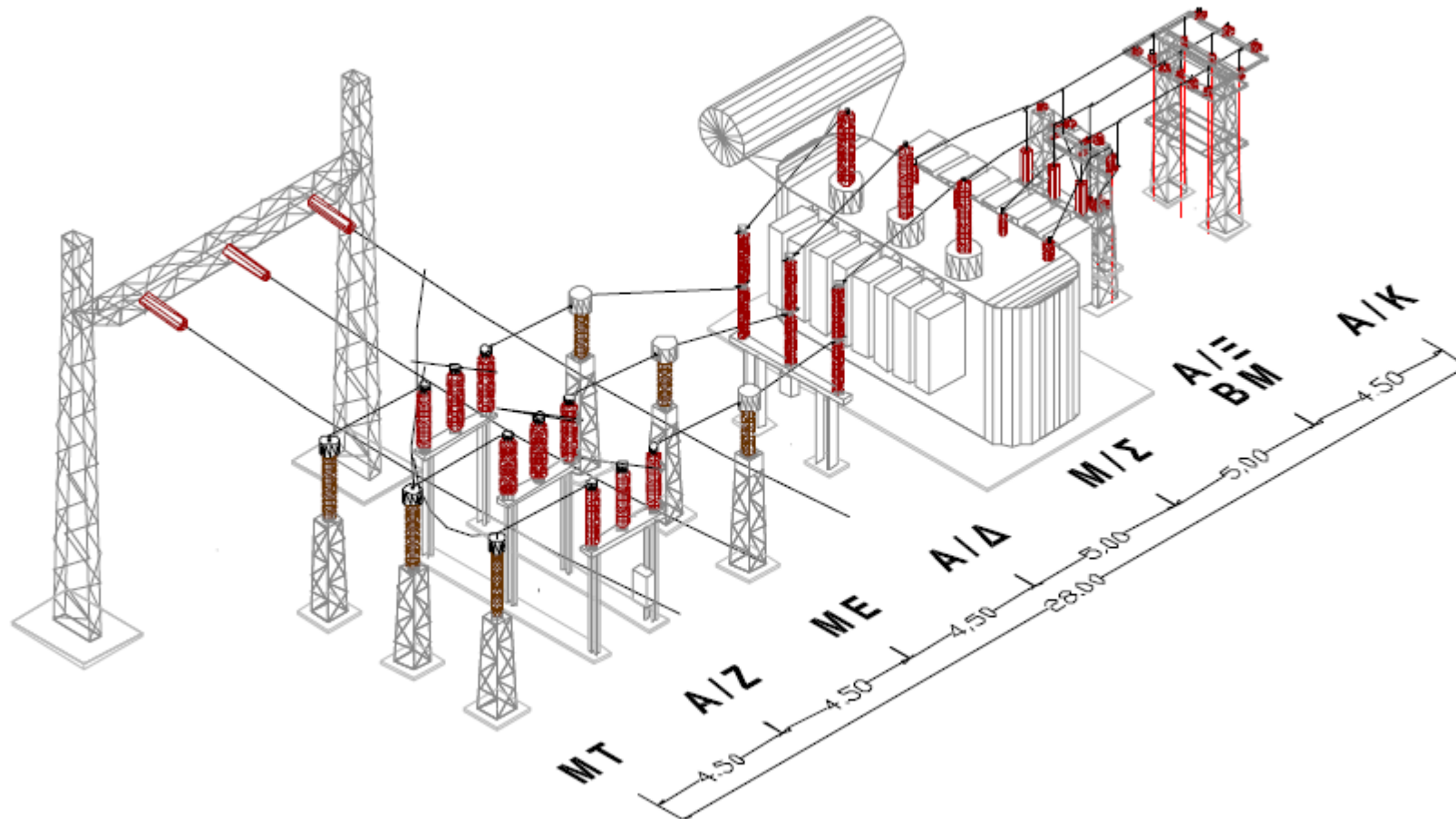
Πλήρη πύλη ΓΜ υποσταθμού



Σχηματική αναπαράσταση πλήρους πύλης ΓΜ 150KV



Παράσταση πύλης ΥΤ, ΜΤ και βοηθητικών ΜΣ



Πύλη



KYT

