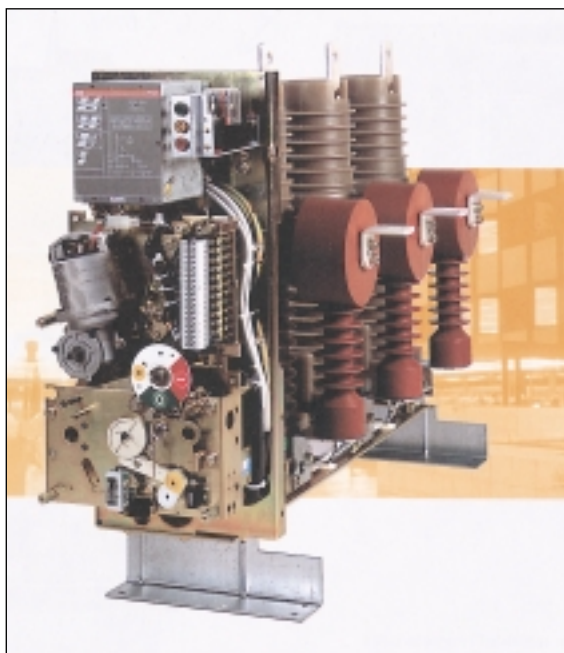


# ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

## 5 Ενότητα 1.5

- 1.5.1** Ασφάλειες μέσης τάσης
- 1.5.2** Διακόπτες ισχύος (circuit-breaker)
- 1.5.3** Διακόπτες φορτίου (load-switch)
- 1.5.4** Αποζεύκτες, γειωτές
- 1.5.5** Σύγκριση των διακοπών μέσης τάσης
- 1.5.5** Σύμβολα διακοπών



# Διδακτικοί στόχοι

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

- ✎ να απαριθμούν τα είδη των ασφαλειών που χρησιμοποιούνται στη μέση τάση.
- ✎ να εξηγούν τη λειτουργία μιας ασφάλειας HRC.
- ✎ να βρίσκουν το χρόνο λειτουργίας μιας ασφάλειας, όταν έχουν τη χαρακτηριστική από-  
ζευξης.
- ✎ να αναφέρουν τα είδη των διακοπών και να εξηγούν τις διαφορές τους.
- ✎ να αναφέρουν το μηχανισμό λειτουργίας ενός διακόπτη.
- ✎ να κατανοούν το ηλεκτρικό τόξο που δημιουργείται κατά το άνοιγμα μιας επαφής και τις  
τεχνικές για την ασφαλή σβέση του.

### 1.5.1 Ασφάλειες μέσης τάσης

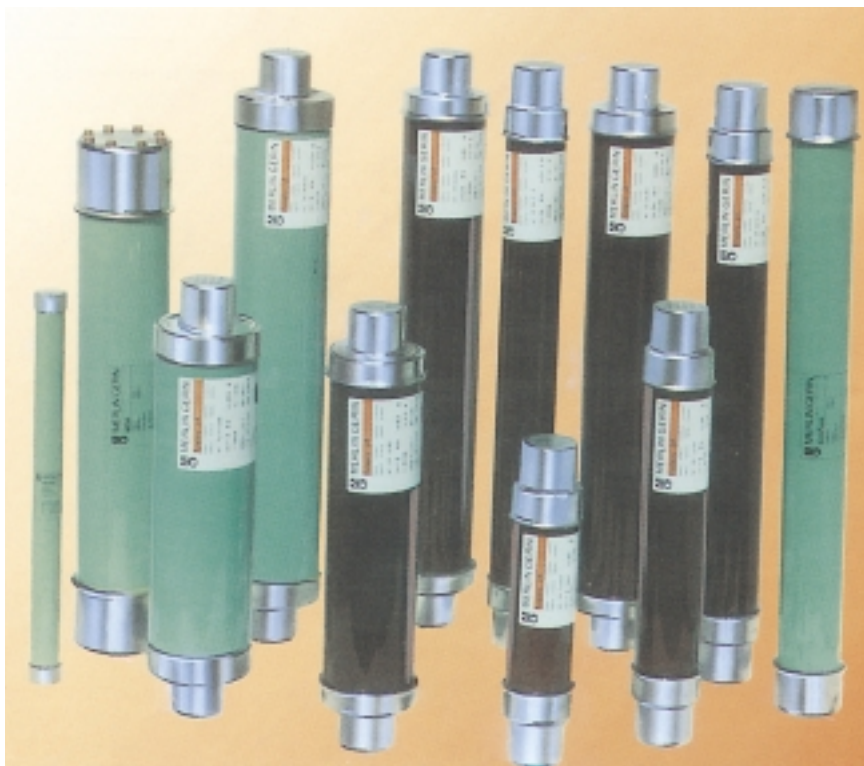
Οι ασφάλειες μέσης τάσης (τηκτά), σε αντίθεση με τις ασφάλειες χαμηλής τάσης, χρησιμοποιούνται μόνο για την προστασία από βραχυκυκλώματα και όχι για την προστασία από υπερφορτίσεις.

Όπως βλέπουμε στην Εικόνα 1.5.1 οι ασφάλειες μέσης τάσης είναι κυλινδρικές με σώμα από πορσελάνη ή άλλο μονωτικό υλικό. Κατασκευάζονται για διάφορες ονομαστικές τάσεις και ονομαστικές εντά-

σεις. Το μήκος τους είναι ανάλογο της ονομαστικής τους τάσης και η διάμετρός τους ανάλογη της ονομαστικής τους έντασης.

Διακρίνουμε δύο είδη ασφαλειών στη μέση τάση:

- ασφάλειες εκτόνωσης
- ασφάλειες σκόνης (HRC) υψηλής ικανότητας διακοπής



**Εικόνα 1.5.1** Ασφάλειες (τηκτά) υψηλής ικανότητας διακοπής για ονομαστικές τάσεις από 3,6 ως 24 kV

### 1.5.1α Ασφάλειες εκτόνωσης μέσης τάσης

Τις ασφάλειες εκτόνωσης τις συναντάμε στα σημεία διακλαδώσεων των εναέριων δικτύων της ΔΕΗ.

Αποτελούνται από ένα κοίλο μονωτικό σωλήνα διαμέτρου 2-3 cm και μήκους 30-35 cm (Εικόνα 1.5.1α) το εσωτερικό του οποίου είναι καλυμμένο με βορικό οξύ.

Στο εσωτερικό του σωλήνα υπάρχει ένας αγωγός, το τηκτό, τανυσμένος με ελατήριο.

Σε περίπτωση υπερέντασης, το τηκτό τήκεται (λιώνει), δημιουργείται τόξο στο εσωτερικό του σωλήνα, το οποίο παράγει υδρατμούς που βοηθούν στη σβέση του τόξου.



Εικόνα 1.5.1α Ασφάλειες εκτόνωσης σε δίκτυο 20 kV της ΔΕΗ

### 1.5.1β Ασφάλειες σκόνης υψηλής ικανότητας διακοπής (HRC)

#### Βασικοί ορισμοί

##### Ονομαστική τάση ( $U_n$ )

Είναι η μέγιστη πολική τάση του δικτύου, στην οποία μπορεί να εργασθεί συνεχώς η ασφάλεια.

Για το δίκτυο μέσης των 20 kV, είναι  $U_n=24$  kV.

Άλλες τυποποιημένες ονομαστικές τάσεις είναι 3.6, 7.2, 12 και 17.5 kV. Προφανώς μια ασφάλεια ονομαστικής τάσης 24 kV μπορεί να εργασθεί σε δίκτυο 15 kV, το αντίστροφο όμως δεν ισχύει.

##### Ονομαστικό ρεύμα ( $I_n$ )

Είναι το ρεύμα που μπορεί να περνά συνεχώς μέσα από την ασφάλεια, χωρίς η θερμοκρασία της να ξεπεράσει τους 65 °C. Οι τυποποιημένες ονομαστικές τιμές των ασφαλειών είναι:

6.3, 10, 16, 20, 25, 31.5, 40, 50, 63, 80 και 100 A.

Το ονομαστικό ρεύμα της ασφάλειας επιλέγεται από το μέγεθος του μετασχηματιστή ισχύος, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.5.1.

##### Ελάχιστο ονομαστικό ρεύμα διακοπής ( $I_3$ )

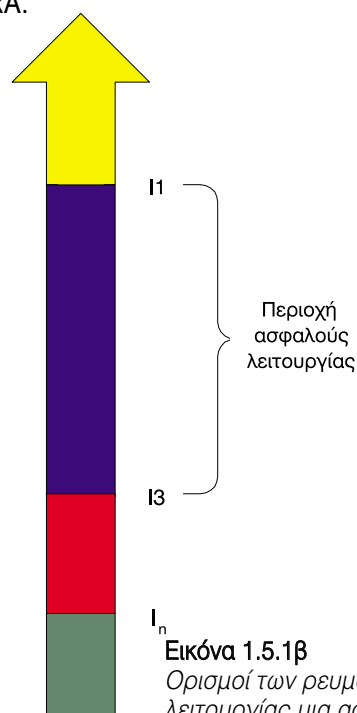
Είναι το ελάχιστο ρεύμα που προκαλεί την τήξη και διακοπή της ασφάλειας. Η τιμή του  $I_3$  είναι 3 ως 5 φορές το ρεύμα  $I_n$ . Σημειώνουμε ότι για να διακοπεί το ρεύμα δεν είναι αρκετό το τήξιμο της ασφάλειας. Αν το ρεύμα του σφάλματος είναι μι-

κρότερο του  $I_3$ , η ασφάλεια τήκεται αλλά δεν διακόπτεται απαραίτητα και το ρεύμα.

Γι' αυτό πρέπει να αποφεύγεται η λειτουργία της ασφάλειας στην περιοχή μεταξύ  $I_n$  και  $I_3$ .

##### Μέγιστο ονομαστικό ρεύμα διακοπής ( $I_1$ )

Είναι το ρεύμα το οποίο μπορεί να διακόψει η ασφάλεια χωρίς κίνδυνο καταστροφής της (έκρηξη). Η τιμή του ρεύματος αυτού κυμαίνεται από 20 έως 80 kA.



Εικόνα 1.5.1β

Ορισμοί των ρευμάτων λειτουργίας για ασφάλειας HRC

Πίνακας 1.5.1 Επιλογή ασφάλειας HRC με βάση την τάση λειτουργίας και την ονομαστική ισχύ του μετασχηματιστή

Τάση λειτουργίας (kV)	Ονομαστική ισχύς μετασχηματιστή (kVA)															Ονομαστική τάση (kV)
	25	50	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	
3,3	16	25	40	50	50	80	80	100	125	125	160	200				7,2
5,5	10	16	31,5	31,5	40	50	50	63	80	100	125	125	160	160		7,2
6,6	10	16	25	31,5	40	50	50	63	80	80	100	125	125	160		7,2
10	6,3	10	16	20	25	31,5	40	50	50	63	80	80	100	100	125	12
13,8	6,3	10	16	16	20	25	31,5	31,5	40	50	50	63	80	80	100	17,5
15	6,3	10	10	16	16	20	25	31,5	40	50	50	63	80	80	100	17,5
20	6,3	6,3	10	10	16	16	25	25	31,5	40	40	50	50	63	80	24
22	6,3	6,3	10	10	10	16	20	25	25	31,5	40	40	50	50	80	24

### 1.5.1γ Πως λειτουργεί μια ασφάλεια HRC

Οι ασφάλειες σκόνης (Εικόνα 1.5.1γ) έχουν ένα πυρήνα από κεραμικό υλικό (3), πάνω στο οποίο είναι τυλιγμένο σε μορφή σπείρας το τηκτό (4). Το τηκτό είναι από κράμα αργύρου για να έχει όσο γίνεται μικρότερη αντίσταση. Ο τυλιγμένος αγωγός βρίσκεται σε σκόνη χαλαζία (5). Το εξωτερικό περίβλημα είναι από πορσελάνη (2).

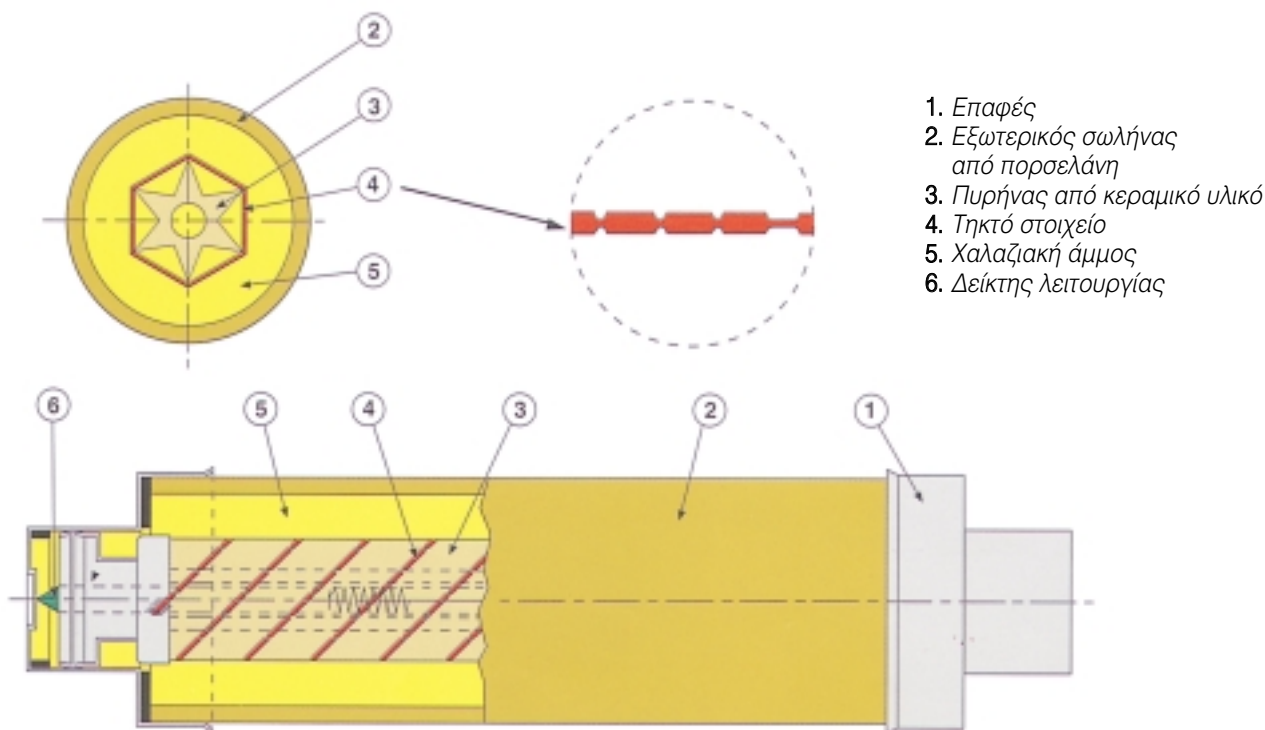
Όταν το ρεύμα ξεπεράσει μία κρίσιμη τιμή  $I$ , τότε τήκεται ο αγωγός σε ένα ή περισσότερα σημεία, με αποτέλεσμα η ενέργεια που εκλύει το τόξο να απορροφάται από τη χαλαζιακή άμμο που λιώνει και μετατρέπεται σε πορσελάνη. Η αντίσταση που παρεμβάλλεται στο δρόμο του βραχυκυκλώματος είναι τεράστια και το ρεύμα βραχυκυκλώματος περιορίζεται προτού φτάσει στη μέγιστη τιμή του (κορυφή). Αυτό έχει ως συνέπεια, πέρα από την διακοπή του σφάλματος, και το σημαντικό περιορισμό της κορυφής του ρεύματος βραχυκυκλώματος, που σε αντίθετη περίπτωση μπορεί να δημιουργήσει

δυναμικές και θερμικές καταπονήσεις στον εξοπλισμό του υποσταθμού.

Οι ασφάλειες HRC διαθέτουν και ένα δείκτη λειτουργίας (6) που συγκρατείται με ελατήριο. Όταν η ασφάλεια λειτουργήσει το ελατήριο απελευθερώνεται και ο δείκτης εξέρχεται από το σώμα της ασφάλειας. Η λειτουργία του δείκτη είναι διπλή:

- α. δείχνει ότι η ασφάλεια έχει λειτουργήσει και συνεπώς πρέπει να αντικατασταθεί,
- β. χτυπά με δύναμη την άκρη ενός πλαστικού μοχλού που με τη βοήθεια ενός μηχανισμού δίνει εντολή απόξευξης στο διακόπτη φορτίου.

**Επειδή οι ασφάλειες σκόνης έχουν την ικανότητα να περιορίζουν το ρεύμα βραχυκυκλώματος, ονομάζονται και ασφάλειες υψηλής ικανότητας διακοπής (HRC = High Rupturing Capacity)**



Εικόνα 1.5.1γ Τα μέρη μια ασφάλειας HRC



### 1.5.1δ Χαρακτηριστικές απόζευξης των ασφαλειών HRC

Για να μπορέσουμε να επιλέξουμε σωστά την ασφάλεια που θα χρησιμοποιήσουμε σε ένα δίκτυο, θα πρέπει να γνωρίζουμε το χρόνο που χρειάζεται η ασφάλεια να διακόψει το σφάλμα. Αυτό είναι ιδιαίτερα κρίσιμο για τις ασφάλειες που συναντάμε στην πλευρά μέσης τάσης του μετασχηματιστή ισχύος, διότι θα πρέπει να συνεργαστούν με τις ασφάλειες (ή το διακόπτη ισχύος) που υπάρχουν στην πλευρά χαμηλής τάσης του μετασχηματιστή.

Στην εικόνα 1.5.1δ βλέπουμε τις καμπύλες που δείχνουν το χρόνο τήξης σε συνάρτηση με το ρεύμα. Οι καμπύλες αυτές ονομάζονται χαρακτηριστικές απόζευξης και για κάθε ασφάλεια υπάρχει μια χαρακτηριστική.

Σημειώνουμε ότι και οι δύο άξονες, δηλαδή ο χρόνος και το ρεύμα είναι βαθμολογημένοι λογαριθμικά για να περιορισθεί η έκταση του διαγράμματος.

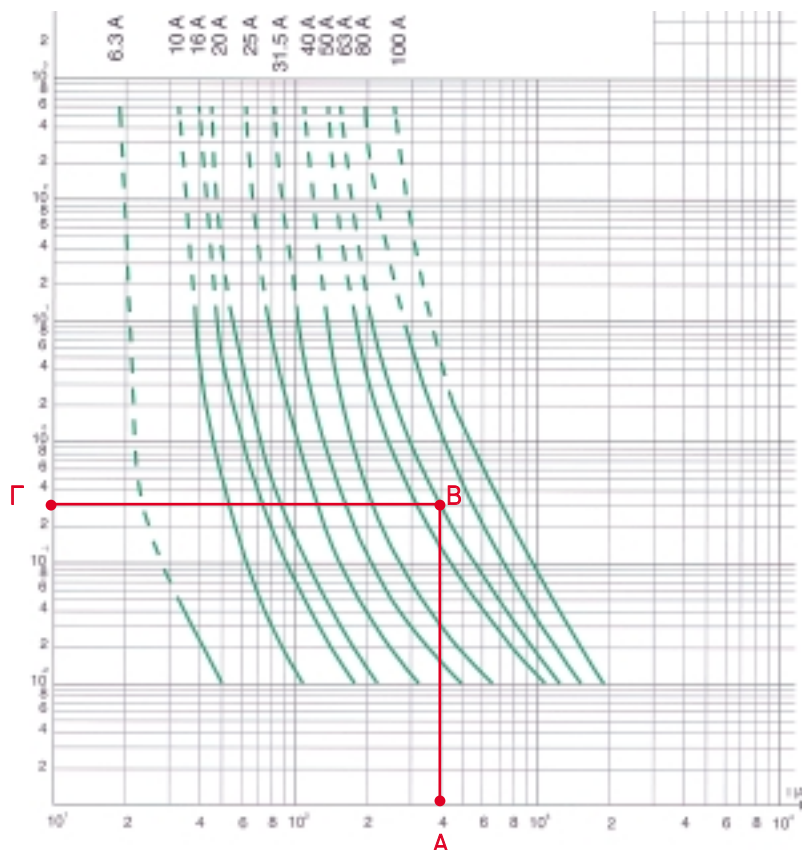
Το αριστερό τμήμα κάθε χαρακτηριστικής είναι με διακεκομμένη γραμμή και δείχνει την περιοχή στην οποία πρέπει να αποφεύγεται η λειτουργία της ασφάλειας, γιατί η διακοπή της ασφάλειας δεν είναι εγγυημένη.

#### Παράδειγμα

Στην πλευρά μέσης τάσης ενός Μ/Σ 630 kVA χρησιμοποιούμε ασφάλειες HRC με  $I_n=63$  A. Να βρείτε το χρόνο τήξης ( $t_s$ ) της ασφάλειας, αν το ρεύμα σφάλματος είναι 400 A.

#### Λύση

Στον οριζόντιο άξονα επιλέγουμε το σημείο  $A = 400A$ . Στο σημείο  $A$  φέρνουμε την κάθετη που τέμνει τη χαρακτηριστική της ασφάλειας των 63A στο σημείο  $B$ . Από το σημείο  $B$  φέρνουμε την οριζόντια ευθεία που τέμνει τον οριζόντιο άξονα στο σημείο  $\Gamma$ . Διαβάζουμε  $t_s = 0.3s$ .



Εικόνα 1.5.1δ  
Χαρακτηριστικές  
απόζευξης ασφαλειών  
20 kV υψηλής  
ικανότητας  
διακοπής

### 1.5.1ε Χαρακτηριστικές περιορισμού του $I_k$ των ασφαλειών HRC

Όπως είδαμε, ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά των ασφαλειών HRC είναι η ικανότητά τους να περιορίζουν το αναμενόμενο ρεύμα βραχυκυκλώματος  $I_k$  (Prospective short circuit current).

Στο ερώτημα «πόσο περιορίζουν οι ασφάλειες HRC το  $I_k$ » απαντάνε οι χαρακτηριστικές της Εικόνας 1.5.1ε

Ο οριζόντιος άξονας είναι βαθμολογημένος σε kA και δείχνει την ενεργό τιμή (RMS value) του αναμενόμενου ρεύματος βραχυκυκλώματος ( $I_k$ ), δηλαδή του ρεύματος βραχυκυκλώματος που θα περνούσε από το δίκτυο μέσης τάσης, αν δεν υπήρχε η ασφάλεια.

Ο κατακόρυφος άξονας είναι βαθμολογημένος σε kA και δείχνει την τιμή κορυφής (Peak value) του ρεύματος βραχυκυκλώματος ( $I_s$ ) με ή χωρίς την ύπαρξη της ασφάλειας HRC

#### Παράδειγμα

Ένας Μ/Σ με  $S_n = 630$  kVA προστατεύεται (από βραχυκύκλωμα) με ασφάλειες HRC  $I_n = 50$  A

Η ενεργός τιμή του ρεύματος βραχυκυκλώματος είναι  $I_k = 7$  kA. Να βρείτε:

1. την τιμή κορυφής του ρεύματος βραχυκυκλώματος  $I_s$ .
2. την τιμή κορυφής του ρεύματος βραχυκυκλώματος  $I_s$ , αν δεν υπήρχαν οι ασφάλειες (π.χ αν υπήρχε διακόπτης ισχύος με Ηλεκτρονόμους προστασίας).

#### Λύση 1

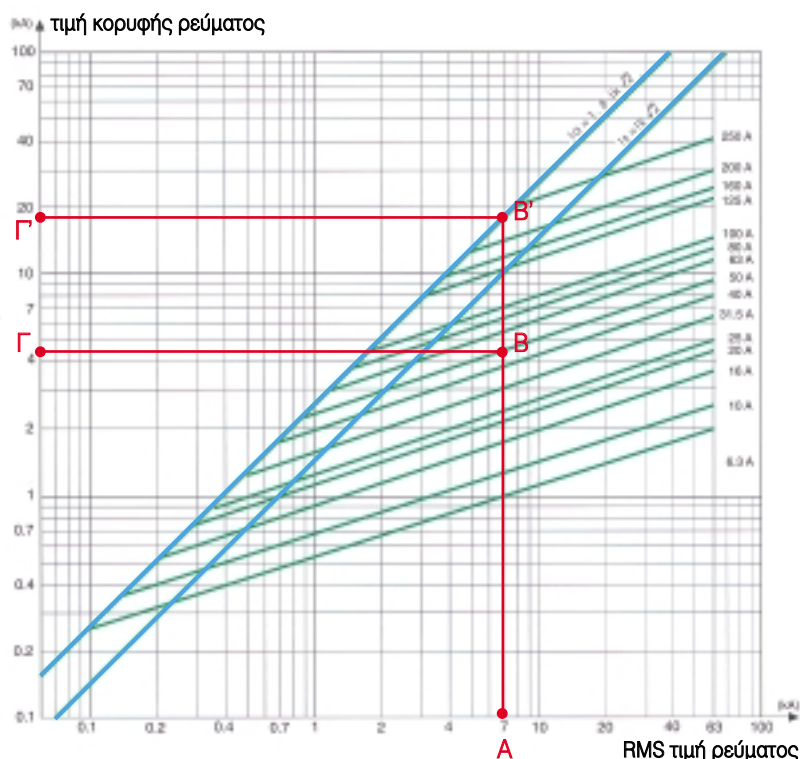
Με τη βοήθεια ενός χάρακα και ενός μολυβιού φέρουμε την κάθετη στο σημείο 7 του οριζόντιου άξονα. Η κάθετος αυτή κόβει την πλάγια πράσινη γραμμή της ασφάλειας 50 A στο σημείο Β. Από το σημείο Β φέρουμε την οριζόντια ευθεία που τέμνει τον κάθετο άξονα στο σημείο Γ και διαβάζουμε  $I_s = 4,5$  kA.

#### Λύση 2

Με τη βοήθεια ενός χάρακα και ενός μολυβιού φέρουμε την κάθετη στο σημείο 7 του οριζόντιου άξονα. Η κάθετος αυτή κόβει την πλάγια γαλάζια γραμμή στο σημείο Β'. Από το σημείο Β' φέρουμε την οριζόντια ευθεία που τέμνει τον κάθετο άξονα στο σημείο Γ και διαβάζουμε  $I_s = 18$  kA.

**Η ασφάλεια περιορίσε το ρεύμα  $I_s$  από 18 kA σε 4,5 kA δηλ 4 φορές. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι ο εξοπλισμός μέσης και χαμηλής τάσης θα καταπονηθεί θερμικά 4 φορές λιγότερο και δυναμικά 16 φορές λιγότερο (διότι οι δυνάμεις Laplace είναι ανάλογες του τετραγώνου του ρεύματος).**

Εικόνα 1.5.1ε Χαρακτηριστικές περιορισμού του ρεύματος βραχυκυκλώματος





### 1.5.2 Διακόπτες ισχύος (circuit-breaker)

Οι διακόπτες ισχύος (circuit-breaker) ανοίγουν και κλείνουν το κύκλωμα σε οποιοσδήποτε συνθήκες λειτουργίας, δηλ. τόσο σε κανονικές συνθήκες όσο και σε βραχυκύκλωμα.

Τα ρεύματα που μπορούν να διακόψουν είναι πάνω από 7 kA (\*), δηλαδή, όσο το αναμενόμενο ρεύμα βραχυκυκλώματος στο δίκτυο μέσης τάσης στην Ελλάδα.

Ο διακόπτης ισχύος είναι σε θέση να αντέξει, αμέσως μετά τη σβέση του τόξου, στην επιβαλλόμενη τάση του δικτύου.

Οι διακόπτες ισχύος, ανάλογα με το ρευστό που χρησιμοποιείται για τη σβέση του τόξου χωρίζονται στις παρακάτω τρεις κατηγορίες:

- πτωχού ελαίου (oil-minimum)
- εξα-φθοριούχου θείου (SF<sub>6</sub>)

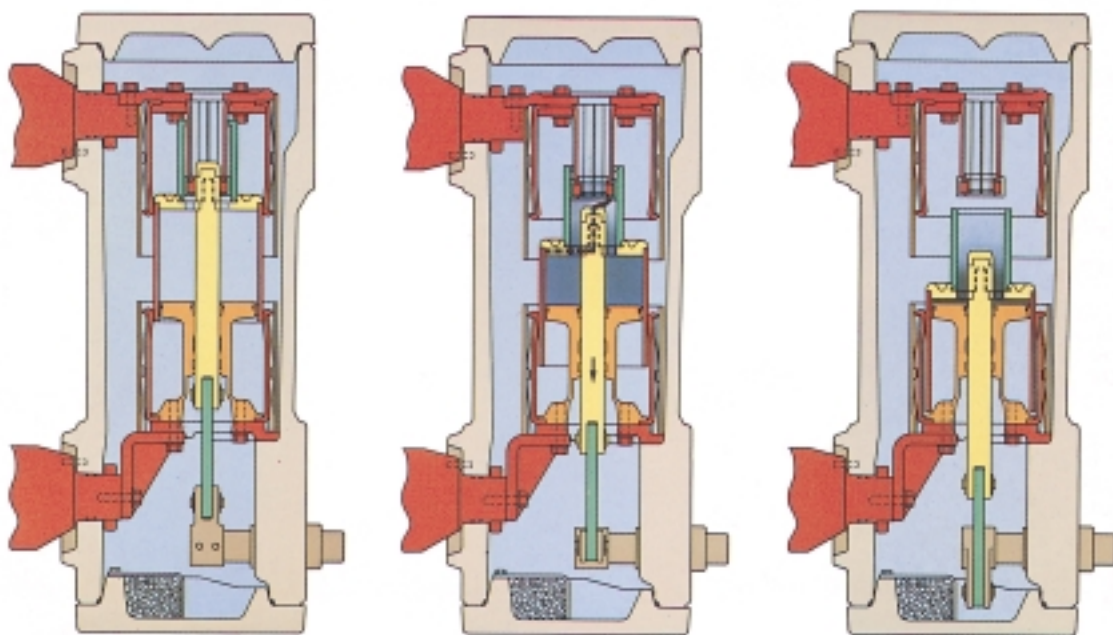
(προφέρεται ες εφ σιξ)

- κενού (vacuum)

Στις δεκαετίες 1970-1990 κυριάρχησε ο διακόπτης πτωχού ελαίου (ονομάστηκε έτσι σε αντιδιαστολή με τους προηγούμενους διακόπτες ισχύος που χρησιμοποιούσαν πολλαπλάσιες ποσότητες λαδιού).

Στην τελευταία δεκαετία αντικαταστάθηκε από το διακόπτη ισχύος με SF<sub>6</sub>. Το άεριο SF<sub>6</sub> είναι ένα αδρανές αέριο με άριστες μονωτικές ιδιότητες που βρίσκεται μέσα στους πόλους του διακόπτη ισχύος.

Οι διακόπτες ισχύος με κενό χρησιμοποιούν σαν μονωτικό το κενό, δηλαδή την έλλειψη οποιουδήποτε αερίου. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι το απόλυτο κενό είναι το τέλειο μονωτικό.



Εικόνα 1.5.2 Οι φάσεις κατά την σβέση του τόξου σε ρεύμα βραχυκυκλώματος στο πόλο ενός διακόπτη ισχύος SF<sub>6</sub>

(\*) Η ΔΕΗ έχει υπολογίσει για το διασυνδεδεμένο ηλεκτρικό δίκτυο μέσης τάσης της χώρας μας, την τιμή του αναμενόμενου βραχυκυκλώματος σε 7 kA. Στον υπολογισμό αυτό συμμετέχουν όλες τις γεννήτριες, οι αντιστάσεις των γραμμών μεταφοράς και πολλές άλλες παραμέτροι.

Πολλές φορές το συναντάμε και σαν ισχύ συμμετρικού βραχυκυκλώματος στη μέση τάση  $S = 250 \text{ MVA}$

Αυτό προκύπτει από τον γνωστό τύπο  $S = V \cdot 3 \cdot U \cdot I = 1,73 \cdot (20 \text{ kV}) \cdot (7 \text{ kA}) \cong 250 \text{ MVA}$

### 1.5.2α Χαρακτηριστικά μεγέθη των διακοπών ισχύος

Στα φυλλάδια των κατασκευαστών υλικών μέσης τάσης (διακόπτες, μετασχηματιστές ισχύος και μέτρησης, καλώδια κ.ά.) συναντάμε μια σειρά από έννοιες που χαρακτηρίζουν τις δυνατότητες αλλά και την αντοχή του υλικού. Η γνώση των εννοιών αυτών είναι καθοριστική στο μελετητή για να κάνει τη σωστή επιλογή των υλικών. Στο συντηρητή ηλεκτρολόγο, η γνώση των εννοιών αυτών είναι απαραίτητη για τη σωστή και ασφαλή λειτουργία του υποσταθμού αλλά και της ίδιας του της ζωής. Τις έννοιες (=χαρακτηριστικά) αυτές τις χωρίζουμε σε δύο κατηγορίες, σε αυτές που αναφέρονται στην αντοχή της μόνωσης (αντοχή τάσης) και σε αυτές που αναφέρονται στην αντοχή στη διέλευση του ρεύματος.

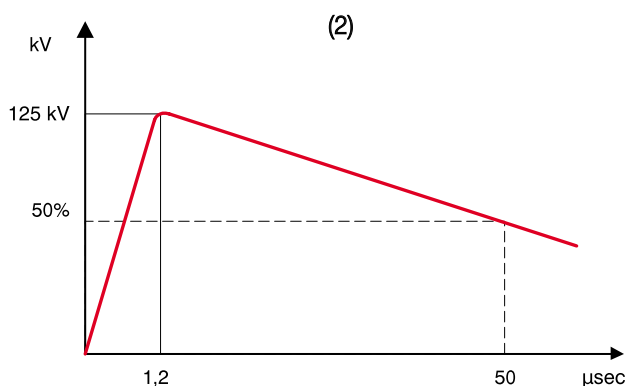
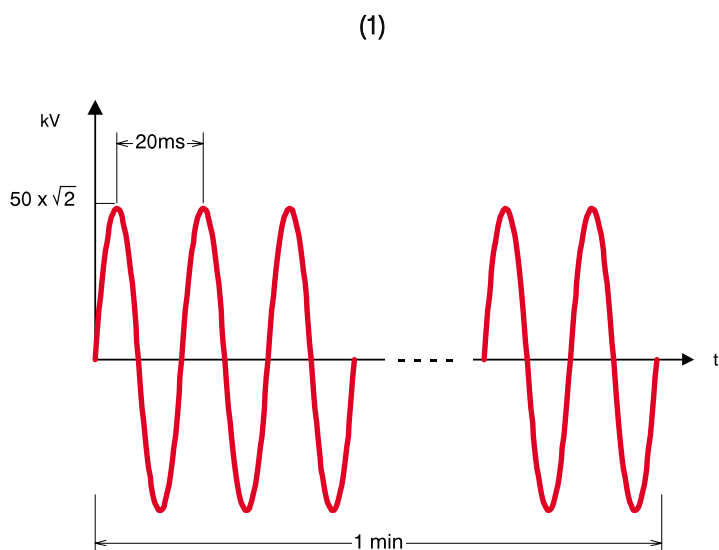
#### Χαρακτηριστικά που αναφέρονται στην αντοχή σε τάση

- **Ονομαστική τάση** (Rated voltage) είναι η τάση για την οποία έχει κατασκευαστεί να λειτουργεί συνεχώς ο διακόπτης. Για όλα τα υλικά μέσης τάσης (20 kV) η τάση αυτή είναι 24 kV, δηλαδή είναι 20% μεγαλύτερη από την τάση λειτουργίας.

- **Αντοχή σε εναλλασσόμενη τάση συχνότητας 50 Hz** (Withstand voltage at 50 Hz) είναι η τάση στην οποία αντέχει ο διακόπτης για χρόνο 1 min. Με την τάση αυτή δοκιμάζεται στο εργοστάσιο κατασκευής του κάθε πίνακας μέσης τάσης, γι' αυτό και λέγεται δοκιμή σειράς. Για όλα σχεδόν τα υλικά μέσης τάσης, η τάση δοκιμής είναι 50 kV (Εικόνα 1.5.2α1).
- **Αντοχή σε κρουστική τάση** (Impulse withstand voltage) είναι η κρουστική τάση (παρόμοια με την τάση που δημιουργεί ένας κεραυνός). Με την τάση αυτή δοκιμάζεται σε ειδικά εργαστήρια, ένας πρότυπος διακόπτης, γι' αυτό και λέγεται δοκιμή τύπου. Για όλα σχεδόν τα υλικά μέσης τάσης, η τιμή της κρουστικής τάσης είναι 125 kV (Εικόνα 1.5.2α2).

#### Χαρακτηριστικά που αναφέρονται στην αντοχή σε ρεύμα

- **Ονομαστικό ρεύμα** (Rated normal current) είναι το ρεύμα για το οποίο έχει κατασκευαστεί να λειτουργεί συνεχώς ο διακόπτης. Συνήθως είναι 400 A και πάνω.



- **Ονομαστικό ρεύμα απόξευξης** σε βραχυκύκλωμα (Rated breaking capacity) είναι το ρεύμα του βραχυκυκλώματος που μπορεί να ανοίξει ο διακόπτης με ασφάλεια, δηλ. χωρίς να καταστραφεί. Συνήθως είναι 8 kA και πάνω. Το ρεύμα αυτό πρέπει να το αντέξει για τουλάχιστον 3 s, δηλαδή όσο χρόνο θα χρειαστούν οι διάφορες προστασίες για να δώσουν την εντολή απόξευξης. Αν η προστασία δεν δουλέψει και το ρεύμα βραχυκυκλώματος ξεπεράσει τα 3 s τότε το σίγουρο είναι ότι ο διακόπτης ισχύος θα καταστραφεί δημιουργώντας μεγάλες υλικές ζημιές και ίσως ανθρώπινες απώλειες.
- **Ονομαστικό ρεύμα ζεύξης** σε βραχυκύκλωμα (Making breaking capacity) είναι το ρεύμα που μπορεί να κλείσει με ασφάλεια ο διακόπτης, στην περίπτωση που κλείνει σε βραχυκύκλωμα. Συνήθως είναι από 20 kA και πάνω.

### Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των διακοπών ισχύος SF<sub>6</sub>

Ιδιαίτερα κρίσιμο στοιχείο στους διακόπτες ισχύος SF<sub>6</sub> είναι η πίεση του αερίου SF<sub>6</sub> που υπάρχει μέσα στους πόλους. Η πίεση του αερίου είναι περίπου 0,5 bar μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική πίεση. Αν και οι πόλοι είναι σφραγισμένοι από το εργοστάσιο, σε περίπτωση που έχουμε διαρροή του

αερίου σε κάποιον από τους τρεις πόλους, τότε ο διακόπτης ισχύος θα αστοχήσει στην επόμενη εντολή διακοπής και αυτό μπορεί να είναι μοιραίο.

Συνήθως οι διακόπτες ισχύος SF<sub>6</sub> είναι εφοδιασμένοι με ειδικό μηχανισμό που ελέγχει την πίεση του αερίου. Σε περίπτωση ελαττωμένης πίεσης σε κάποιον από τους πόλους δίδεται ένδειξη και ταυτόχρονα μπλοκάρεται το κλείσιμο του διακόπτη ισχύος.

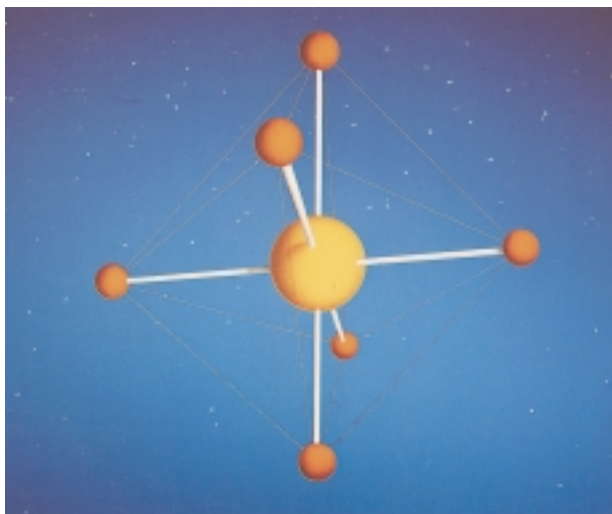
### Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των διακοπών ισχύος πτωχού ελαίου

Ιδιαίτερα κρίσιμο στοιχείο στους διακόπτες ισχύος πτωχού ελαίου είναι ο έλεγχος της στάθμης και η ποιότητα του μονωτικού λαδιού που υπάρχει στους πόλους.

Αυτό γίνεται εύκολα, διότι οι μπουκάλες των πόλων είναι από διαφανές υλικό (πλεξιγκλάς ενισχυμένο με υαλόνημα) και έτσι εύκολα μπορούμε να ελέγχουμε τη στάθμη. Η συμπλήρωση με ειδικό λάδι γίνεται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Η ποιότητα του λαδιού ελέγχεται συνήθως οπτικά βλέποντας το χρώμα του. Αντικατάσταση στο λάδι πρέπει να γίνεται μετά από έναν αριθμό κανονικών χειρισμών (συνήθως 500 χειρισμοί).

Οι διακόπτες ισχύος θα πρέπει να επιθεωρούνται μετά από κάθε διακοπή βραχυκυκλώματος.

(3)



Εικόνα 1.5.2α

1. Εναλλασσόμενη τάση συχνότητας 50 Hz ενεργούς τιμής 50 kV
2. Κρουστική τάση 1,2/50 μs
3. Μοριακή δομή του αερίου SF<sub>6</sub>

### 1.5.2β Τα μέρη του διακόπτη ισχύος (Δ.Ι.)

Ανεξάρτητα από το μονωτικό μέσο (λάδι, SF<sub>6</sub>, κενό) που χρησιμοποιείται για τη σβέση του τόξου και το εργαστάσιο κατασκευής τους, όλοι οι διακόπτες ισχύος αποτελούνται από τα ίδια μέρη.

Στην Εικόνα 1.5.2β βλέπουμε ένα διακόπτη ισχύος SF<sub>6</sub> ονομαστικής τάσης 24 kV και ονομαστικού ρεύματος 400 A. Στην εικόνα έχουν σημειωθεί με αριθμούς από το 1 έως το 10 τα μέρη του διακόπτη ισχύος που ενδιαφέρουν άμεσα το συντηρητή του υποσταθμού.

Στον παρακάτω πίνακα αναλύονται οι αριθμοί που υπάρχουν στην Εικόνα 1.5.2β.

Διατηρήσαμε και τις αγγλικές εκφράσεις, διότι τα τεχνικά φυλλάδια που συνοδεύουν τους διακόπτες, σπάνια είναι μεταφρασμένα στα Ελληνικά.

Εκτός από τα μέρη του διακόπτη ισχύος που φαίνονται στην Εικόνα 1.5.2β, υπάρχουν μια σειρά από εξαρτήματα που αποτελούν το μηχανισμό λειτουργίας του διακόπτη ισχύος και τα οποία περιγράφονται παρακάτω:

Ο μηχανισμός λειτουργίας του διακόπτη ισχύος βασίζεται σε δύο ελατήρια που αποθηκεύουν μηχανική ενέργεια, όταν τανυστούν (τεντωθούν). Τα δύο ελατήρια είναι:

- το ελατήριο κλεισίματος
- το ελατήριο ανοίγματος

Τα δύο ελατήρια ξεχωρίζουν από το μέγεθός τους. Το ελατήριο κλεισίματος είναι μεγαλύτερο και, συνεπώς, ισχυρότερο από το ελατήριο ανοίγματος, επειδή το ελατήριο κλεισίματος τανύζει το ελατήριο ανοίγματος.

Η απελευθέρωση και των δύο ελατηρίων δίνει κίνηση στον ίδιο άξονα. Στον άξονα αυτό συνδέονται με μοχλούς από μονωτικό υλικό, οι κινητές επαφές του διακόπτη ισχύος.

Η απελευθέρωση του ελατηρίου κλεισίματος περιστρέφει τον άξονα, έτσι ώστε οι κινητές επαφές να έλθουν σε επαφή με τις ακίνητες επαφές και ο διακόπτης κλείνει.

#		
1	Ηλεκτρονόμος υπερέντασης	Overcurrent release
2	Μοχλός για τη μηχανική τάνυση του ελατηρίου κλεισίματος	Shaft for manual closing spring charging
3	Κουμπί ανοίγματος	Opening knob
4	Κουμπί κλεισίματος	Closing knob
5	Ένδειξη ότι το ελατήριο κλεισίματος είναι <ul style="list-style-type: none"> <li>• τανυσμένο(κίτρινο)</li> <li>• ατάνυστο (λευκό)</li> </ul>	Signal for closing springs charged (yellow) and discharged (white)
6	Συσκευή μπλοκαρίσματος και ένδειξης της πίεσης του αερίου SF <sub>6</sub>	Device for locking and signalling the state of SF <sub>6</sub> gas
7	Ένδειξη ανοικτός/κλειστός διακόπτη ισχύος	Circuit-breaker open/closed signalling device
8	Ακροδέκτες μέσης τάσης	Medium voltage terminals
9	Μετασχηματιστές έντασης για τον HN υπερέντασης	Current sensor for overcurrent release
10	Πόλος διακόπτη ισχύος	Circuit-breaker pole

Η απελευθέρωση του ελατηρίου ανοίγματος περιστρέφει τον άξονα κατά την αντίθετη φορά, ώστε οι κινητές επαφές να απομακρυνθούν από τις ακίνητες επαφές και ο διακόπτης ανοίγει.

Η λειτουργία του αυτόματου διακόπτη ξεκινά με την τάνυση του ελατηρίου κλεισίματος. Η τάνυση του ελατηρίου κλεισίματος μπορεί να γίνει:

- χειροκίνητα με ένα μοχλό (μανιβέλλα) (2)
- ηλεκτρικά με τη βοήθεια ενός μικρού ηλεκτρικού κινητήρα που λειτουργεί με ΣΡ ή ΕΡ.

Το ελατήριο κλεισίματος, αφού τανυθεί, αυτοσυγκρατείται.

Η απελευθέρωση του ελατηρίου κλεισίματος

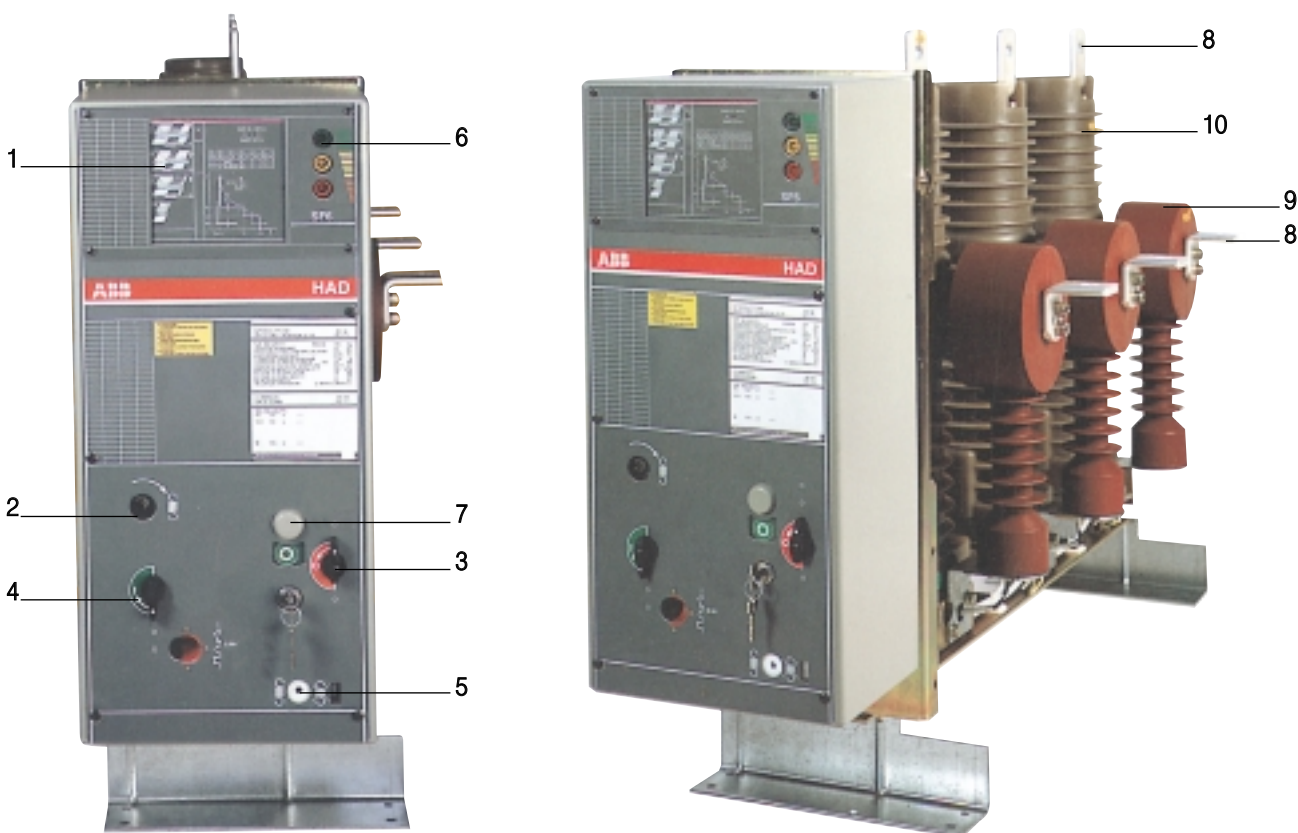
μπορεί να γίνει:

- χειροκίνητα με το κουμπί κλεισίματος (4)
- ηλεκτρικά στέλνοντας ρεύμα στο πηνίο του ηλεκτρομαγνήτη κλεισίματος (closing solenoid).

Η απελευθέρωση του ελατηρίου κλεισίματος τανύζει το ελατήριο ανοίγματος που αυτοσυγκρατείται.

Η απελευθέρωση του ελατηρίου ανοίγματος μπορεί να γίνει:

- χειροκίνητα με το κουμπί ανοίγματος (3)
- ηλεκτρικά στέλνοντας ρεύμα στο πηνίο του ηλεκτρομαγνήτη ανοίγματος (opening solenoid , shunt release, trip coil ).



Εικόνα 1.5.2β Διακόπτης ισχύος SF6



### 1.5.2γ Διακόπτες ισχύος επί φορείου (Truck mounted circuit breaker)

Τους διακόπτες ισχύος επί φορείου τους συναντάμε και με το όνομα **συρόμενοι ή συρταρωτοί**.

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.5.2γ, ο διακόπτης ισχύος πτωχού ελαίου είναι τοποθετημένος σε φορείο με ρόδες. Κάθε πόλος του διακόπτη περιλαμβάνει δύο βυσματωτές επαφές που του επιτρέπουν να συνδέεται και να αποσυνδέεται από το κύριο κύκλωμα.

Μετά το άνοιγμα (opening) του διακόπτη ισχύος μπορούμε να τον τραβήξουμε και να δημιουργήσουμε έτσι μια ικανή απόσταση (περίπου 20 cm). Η απόσταση αυτή θεωρείται απόσταση ασφαλείας για τη δημιουργία απομόνωσης.

Έτσι οι κυψέλες Μ.Τ. που φιλοξενούν τους διακόπτες ισχύος επί φορείου δε χρειάζεται να περιλαμβάνουν διακόπτη απομόνωσης (αποζεύκτη), τόσο στην πλευρά των ζυγών όσο και στην πλευρά του καλωδίου.

Το κόστος του διακόπτη αυτού σε συνδυασμό με την αντίστοιχη κυψέλη που θα τον φιλοξενήσει, είναι αρκετά υψηλότερο από το συνδυασμό του σταθερού διακόπτη ισχύος και του αποζεύκτη φορτίου.

Έτσι τον συναντάμε στα πρωτογενή δίκτυα διανομής μέσης τάσης, δηλαδή στους κεντρικούς υποσταθμούς της ΔΕΗ ή στους σταθμούς παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας.



Εικόνα 1.5.2γ Διακόπτης ισχύος επί φορείου

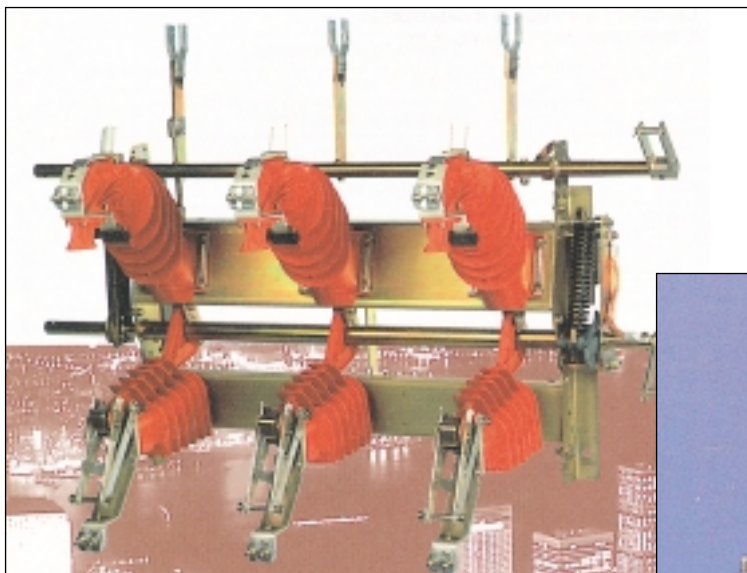


### 1.5.3 Διακόπτες φορτίου (load-switch)

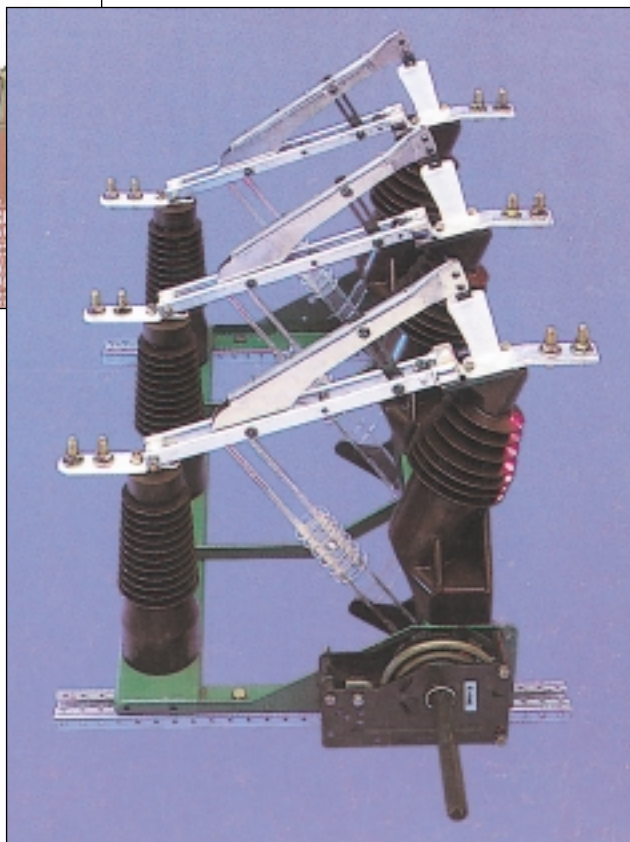
Οι διακόπτες φορτίου είναι κατασκευασμένοι για να διακόπτουν με ασφάλεια ρεύματα μέχρι το ονομαστικό τους ρεύμα (συνήθως 400 A). Ετσι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διακοπή σφαλμάτων, δηλαδή ρεύμα βραχυκυκλώματος που φθάνει τα 7 kA, όπως συμβαίνει με τους διακόπτες ισχύος.

Ο μηχανισμός λειτουργίας για το κλείσιμο και το άνοιγμα ενός διακόπτη φορτίου είναι παρόμοιος με το μηχανισμό λειτουργίας του διακόπτη ισχύος που αναλύθηκε στην παράγραφο 1.5.2β

**Κατά κανόνα, οι διακόπτες φορτίου, λειτουργούν και ως αποζεύκτες (απομονωτές), ώστε να μας επιτρέπουν να εργαστούμε με ασφάλεια στο κύκλωμα μετά τη διακοπή του. Στην περίπτωση αυτή ονομάζονται διακόπτες φορτίου-αποζεύκτες ή απλά αποζεύκτες φορτίου.**



Εικόνα 1.5.3 Διάφοροι τύποι διακοπτών φορτίων-αποζευκτών μέσης τάσης

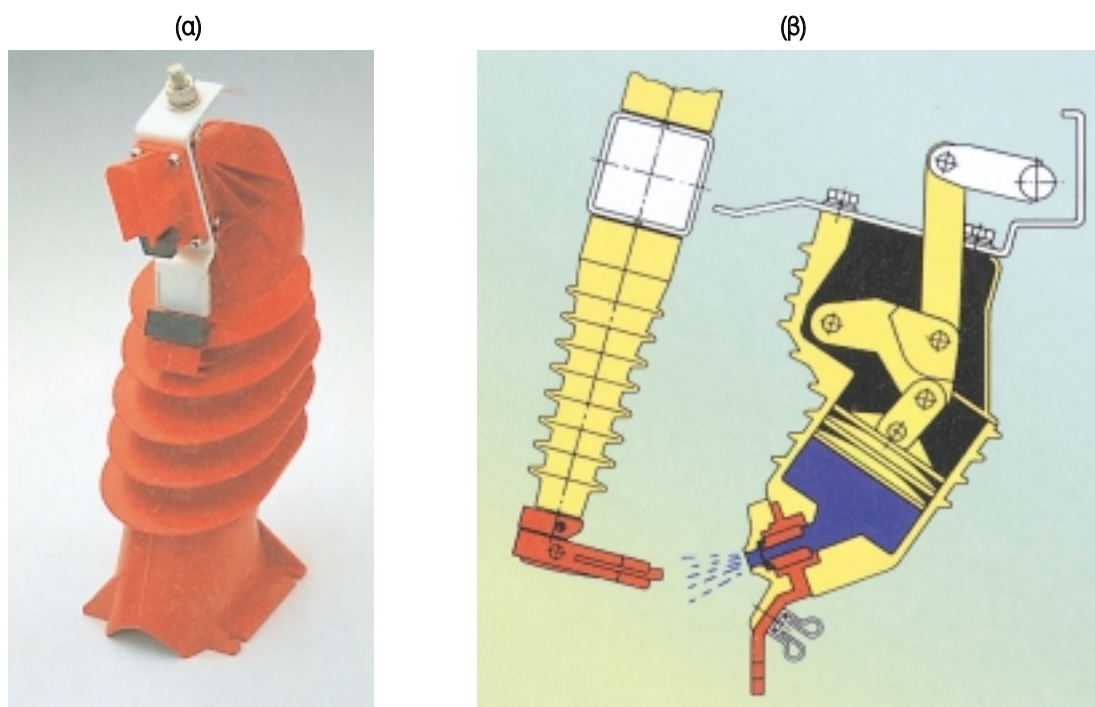


### 1.5.3α Σβέση τόξου με φύσημα αέρα στο διακόπτη φορτίου

Τη χρονική στιγμή της αποχώρησης των επαφών ενός διακόπτη δημιουργείται ένα ηλεκτρικό τόξο. Η ασφαλής σβέση του τόξου αποτελεί το πλέον κρίσιμο σημείο στη λειτουργία ενός διακόπτη φορτίου. Στην Εικόνα 1.5.3α βλέπουμε τον ειδικό μονωτήρα που υπάρχει σε κάθε πόλο του διακόπτη φορτίου που χρησιμοποιεί την τεχνική του φυσήματος αέρα για τη σβέση του τόξου.

Ο μονωτήρας είναι κούφιος και το εσωτερικό του σχηματίζει ένα κύλινδρο. Μέσα στον κύλινδρο υπάρχει ένα έμβολο, που παίρνει κίνηση από τον κύριο άξονα του διακόπτη, με τη βοήθεια ενός μηχανισμού μοχλών από μονωτικό υλικό.

Με το άνοιγμα του διακόπτη, αρχίζει η συμπίεση του αέρα με τη βοήθεια του εμβόλου. Ο αέρας αυτός εξέρχεται από ειδικά ακροφύσια που υπάρχουν στην ακίνητη επαφή. Η κίνηση του εμβόλου συγχρονίζεται με την κίνηση των κύριων επαφών του διακόπτη, ώστε η παροχή του αέρα να είναι πολύ δυνατή, τη στιγμή που αποχωρίζονται οι επαφές και το ηλεκτρικό τόξο είναι πολύ έντονο. Ο δυνατός αέρας βοηθά στη διάχυση του τόξου και την ταυτόχρονη ψύξη του, με αποτέλεσμα να σβήνει γρήγορα.



Εικόνα 1.5.3α α. Εξωτερική όψη κούφιου μονωτήρα  
β. Τομή μονωτήρα και όψη λειτουργίας

### 1.5.3β Διακόπτης φορτίου με ασφάλειες HRC

Ο διακόπτης φορτίου από μόνος του - επειδή δεν έχει την ικανότητα να διακόψει το ρεύμα βραχυκυκλώματος - δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέσο προστασίας.

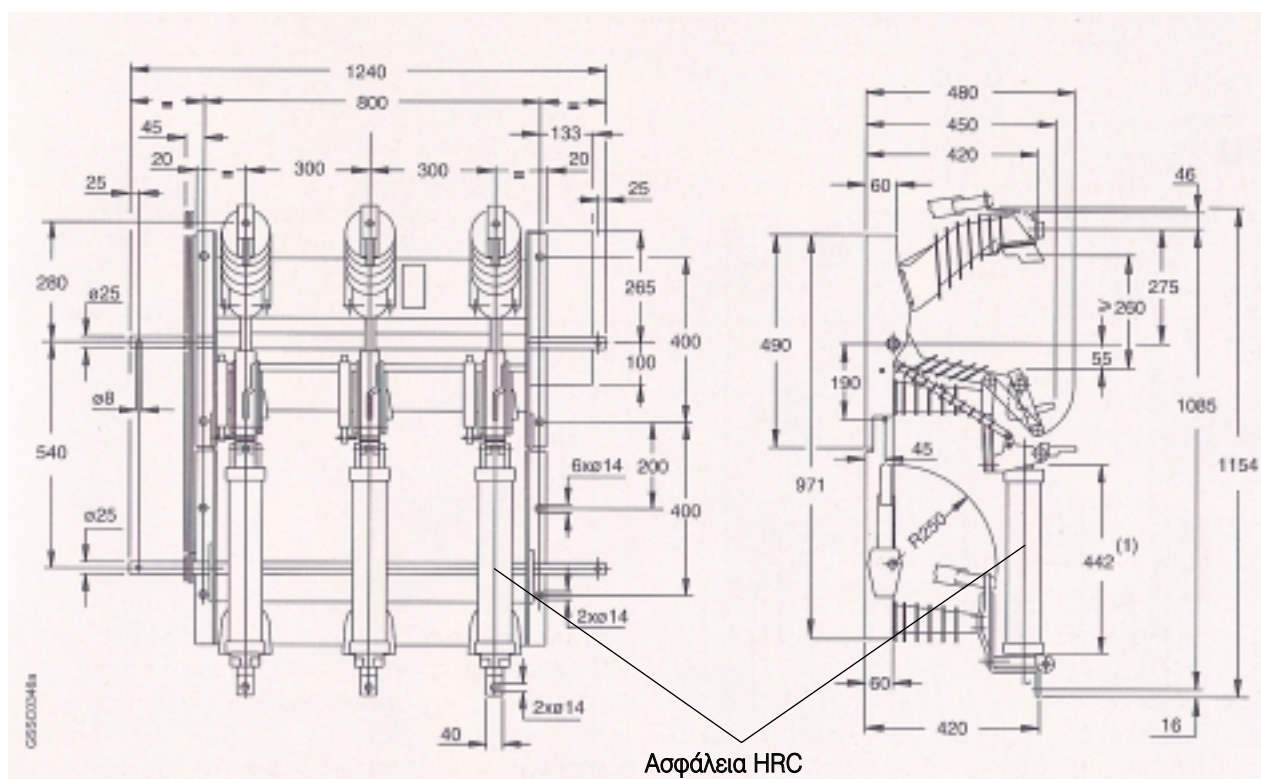
Σε συνδυασμό όμως με ασφάλειες HRC μπορεί να λειτουργήσει ως μέσο προστασίας των καλωδίων ή του μετασχηματιστή ισχύος.

Ο συνδυασμός αυτός ονομάζεται και ασφαλειο-διακόπτης φορτίου ή **ασφαλειο-αποζεύκτης φορτίου** (fuse-load switch). Τον συναντάμε κατά κανόνα ως μέσο προστασίας Μ/Σ μέχρι 630 kVA.

Σε περίπτωση σφάλματος (βραχυκυκλώματος) τήκεται κάποια από τις τρεις ασφάλειες και απελευθερώνεται ο δείκτης λειτουργίας της (striker).

Ο δείκτης κτυπά με δύναμη έναν μηχανισμό από μοχλούς που καταλήγει στην απελευθέρωση του ελατηρίου ανοίγματος και στο αυτόματο άνοιγμα του διακόπτη φορτίου.

**Σημειώνουμε ότι ο διακόπτης φορτίου ανοίγει χωρίς να διακόπτει το ρεύμα σφάλματος, το οποίο έχει ήδη διακοπεί από την τηκόμενη ασφάλεια. Για να μπορέσει να ξαναλειτουργήσει η εγκατάστασή μας, πρέπει να αντικαταστήσουμε και τις τρεις ασφάλειες με νέες, διότι το ρεύμα σφάλματος μπορεί να έχει αλλοιώσει το τηκτό και σε κάποια άλλη φάση.**



Εικόνα 1.5.3β Διαστάσεις σε mm ασφαλειοαποζεύκτη φορτίου ονομαστικής τάσης 24 kV

### 1.5.4 Αποξεύκτες, γειωτές

Οι αποξεύκτες και οι γειωτές είναι διακόπτες που ανοίγουν ένα κύκλωμα υπό ελάχιστο φορτίο και με ελάχιστη τάση. Δηλαδή πρέπει να τους χειριζόμαστε χωρίς ρεύμα ή τάση στους πόλους του. Γι'αυτό ονομάζονται και διακόπτες χωρίς φορτίο (off-load switch).

Χρησιμοποιούνται για να δημιουργήσουν ορατές διακοπές στα κυκλώματα μέσης τάσης.

Έτσι είμαστε σίγουροι ότι το κύκλωμα είναι απομονωμένο και μπορούμε να αρχίσουμε τις εργασίες σε αυτό. Γι'αυτό ονομάζονται και απομονωτές (isolator switch).

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.5.4 ο αποξεύκτης αποτελείται από:

1. δύο μονωτήρες σε κάθε πόλο
2. τους ακροδέκτες σύνδεσης στην κορυφή των μονωτήρων
3. τις κινητές επαφές που μοιάζουν με μαχαίρια
4. το σιδερένιο άξονα που με την περιστροφή του

δίνει κίνηση στα μαχαίρια

5. ράβδους από μονωτικό υλικό που συνδέουν τον άξονα με τα μαχαίρια

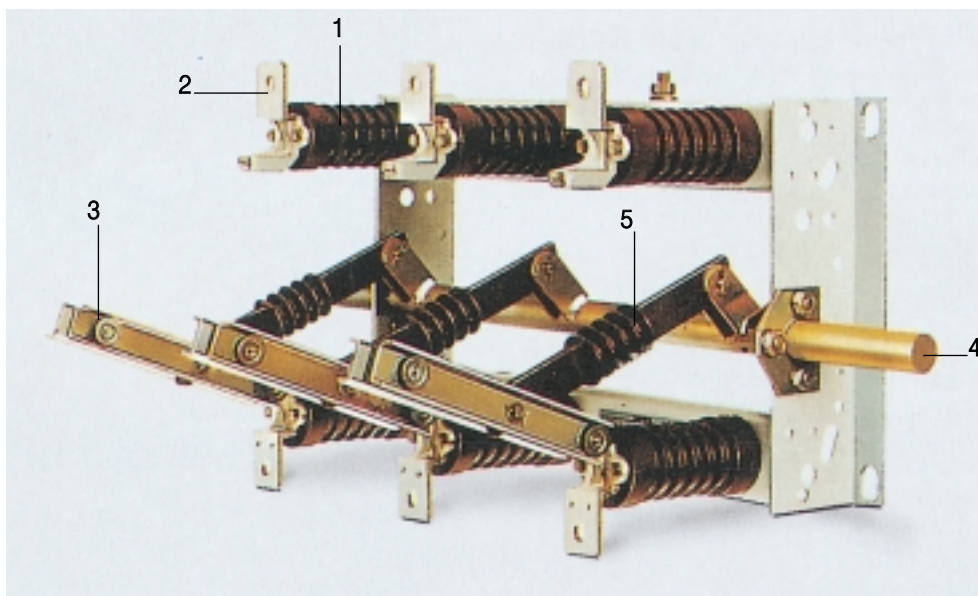
Οι αποξεύκτες πρέπει να αντέχουν:

- σε κλειστή θέση τα ρεύματα σφαλμάτων
- σε ανοικτή θέση τις υπερτάσεις του δικτύου

Σήμερα, επειδή η διαφορά τιμής είναι μικρή, χρησιμοποιούμε διακόπτες φορτίου αντί αποξευκτών. Έτσι απλοποιούνται οι χειρισμοί-μανδαλώσεις για την απομόνωση ενός κυκλώματος.

Οι γειωτές (earthing switch) είναι πρακτικά αποξεύκτες με τη διαφορά ότι η μια τους πλευρά συνδέεται πάντα στη γείωση. Χρησιμοποιούνται:

- α) για να μηδενίσουν τα ηλεκτρικά φορτία που παραμένουν στα κυκλώματα μέσης τάσης και οφείλονται στους παρασιτικούς πυκνωτές που υπάρχουν κυρίως στα καλώδια,
- β) για να γειώσουν το τμήμα του δικτύου στο οποίο θα εργαστούμε (συντήρηση ή επιδιόρθωση).



Εικόνα 1.5.4 Αποξεύκτης ονομαστικής τάσης 24 kV με μαχαίρια

**Για να ξεκινήσουμε τις εργασίες επισκευής ή συντήρησης σε κυκλώματα μέσης τάσης πρέπει να κάνουμε με τη σειρά τις παρακάτω ενέργειες:**

- **Να διακόψουμε το κύκλωμα με τη βοήθεια του διακόπτη φορτίου ή του διακόπτη ισχύος.**
- **Να ανοίξουμε τον αποζεύκτη (αν υπάρχει).**
- **Να σιγουρευτούμε ότι είναι απομονωμένο, π.χ ελέγχοντας από το παράθυρο της κυψέλης τα μαχαίρια του αποζεύκτη.**
- **Να το κλειδώσουμε στη θέση απομονωμένο.**
- **Να γειώσουμε το κύκλωμα όπου θα εργαστούμε.**

Τελειώνοντας τις εργασίες πρέπει να κάνουμε με τη σειρά τις παρακάτω ενέργειες:

- Να επαναφέρουμε το γειωτή στην ανοιχτή θέση.
- Να κλείσουμε τους διακόπτες με την αντίστροφη σειρά που τους ανοίξαμε, δηλαδή πρώτα το διακόπτη και μετά τον αποζεύκτη.

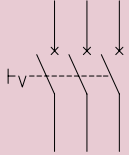
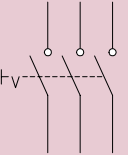
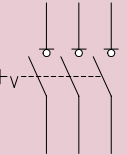
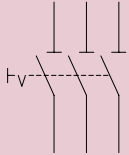


### 1.5.5 Σύγκριση των διακοπών μέσης τάσης

Στον παρακάτω πίνακα προσπαθήσαμε να δείξουμε τα κοινά χαρακτηριστικά όλων των διακοπών μέσης τάσης. Στο πίνακα σημειώνεται με **x**, αν ο διακόπτης έχει την αντίστοιχη ικανότητα.

Βλέπουμε ότι την ικανότητα διακοπής του ρεύματος βραχυκυκλώματος την έχει μόνο ο διακόπτης ισχύος, γι' αυτό και είναι το βασικό όργανο διακοπής στα ηλεκτρικά δίκτυα.

Αξίζει να σημειώσουμε ότι ο πίνακας 1.5.2 ισχύει και για τους διακόπτες χαμηλής τάσης (< 1000 V)

Πίνακας 1.5.2 Συγκριτικός πίνακας με τα χαρακτηριστικά των διακοπών				
	Διακόπτης ισχύος	Διακόπτης φορτίου	Αποζεύκτης φορτίου	Αποζεύκτης
				
Ικανότητα διακοπής κυκλώματος σε ονομαστικό ρεύμα ( $I_n$ )	x	x	x	
Ικανότητα διακοπής του κυκλώματος σε ρεύμα βραχυκύκλωματος ( $I_k$ )	x			
Ικανότητα ζεύξης στο ρεύμα βραχυκύκλωματος (*)	x	x	x	x
Ικανότητα ορατής απομόνωσης			x	x
Αντοχή στο ρεύμα βραχυκυκλώματος για $t=2s$	x	x	x	x

(\*) Με το όρο αυτό εννοούμε την ικανότητα του διακόπτη να κλείσει όταν:

- υπάρχει στο δίκτυο βραχυκύκλωμα, π.χ ξεχάσαμε να ανοίξουμε το γειωτή μετά από τη συντήρηση του υποσταθμού
- τη χρονική στιγμή που κλείνει ο διακόπτης προκαλείται στο δίκτυο ένα βραχυκύκλωμα



### 1.5.6 Σύμβολα διακοπών

Η ανάγκη για την εύκολη και σωστή ανάγνωση-δημιουργία των ηλεκτρολογικών σχεδίων από όλους τους ηλεκτρολόγους σε όλο τον κόσμο, οδήγησε τη διεθνή επιτροπή IEC (International Electrical Committee) να τυποποιήσει τα σύμβολα των διακοπών.

**Σημειώνουμε ότι, τα σύμβολα αυτά ισχύουν κατά κανόνα για οποιαδήποτε τάση λειτουργίας, για παράδειγμα το σύμβολο του διακόπτη ισχύος είναι το ίδιο για τάση λειτουργίας 400.000, 150.000, 20.000, 400V ή άλλη και για οποιοδήποτε ρεύμα.**

Αξίζει να δούμε την τεχνική με την οποία παράγονται τα σύμβολα αυτά.

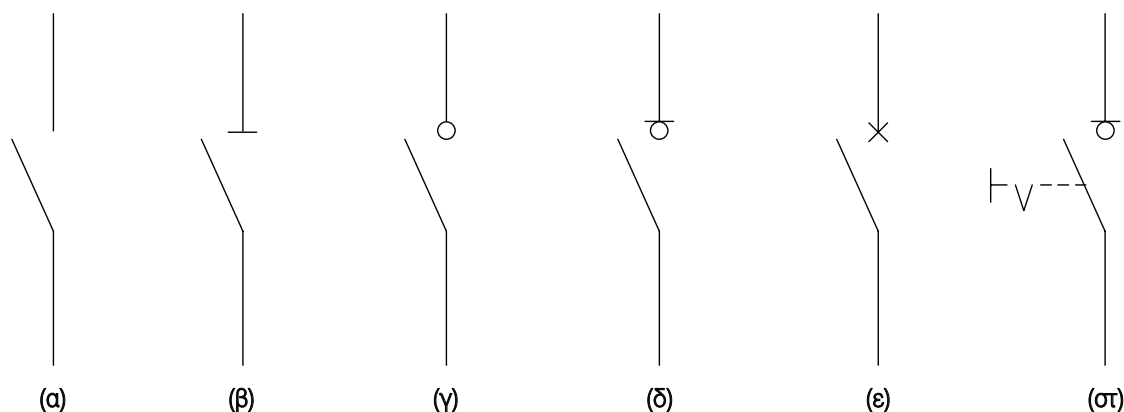
Το βασικό σύμβολο για όλους τους διακόπτες είναι το σύμβολο της ανοικτής επαφής (Εικόνα 1.5.6). Στο πάνω μέρος της ανοικτής επαφής προσθέτουμε ένα ή περισσότερα από τα παρακάτω σύμβολα:

- ➔ ικανότητα απομόνωσης
- o ➔ ικανότητα διακοπής ρεύματος φορτίου
- x ➔ ικανότητα διακοπής ρεύματος βραχυκυκλώματος

και προκύπτουν έτσι τα σύμβολα του αποζεύκτη, διακόπτη φορτίου και διακόπτη ισχύος αντίστοιχα.

Για να δείξουμε τον τρόπο χειρισμού του διακόπτη, προσθέτουμε στο σύμβολο τα παρακάτω γεωμετρικά σχήματα :

- | ➔ χέρι
  - ➔ σύνδεση
  - v ➔ συγκράτηση
- και ο διακόπτης γίνεται χειροκίνητος.



**Εικόνα 1.5.6** α. Ανοικτή επαφή  
 β. Επαφή με ικανότητα απομόνωσης  
 γ. Επαφή με ικανότητα διακοπής του ονομαστικού ρεύματος ( $I_n$ )  
 δ. Επαφή με ικανότητα απομόνωσης και διακοπής του ονομαστικού ρεύματος ( $I_n$ )  
 ε. Επαφή με ικανότητα διακοπής του ονομαστικού ρεύματος ( $I_n$ ) και του ρεύματος βραχυκυκλώματος ( $I_k$ )  
 στ. Χειροκίνητος διακόπτης φορτίου-απομόνωσης

Πίνακας 1.5.1 Σύμβολα διακοπών που συναντάμε στη μάζη τάση	
	Τριπολικός διακόπτης απομόνωσης ή τριπολικός αποξεύκτης ή τριπολικός διακόπτης κενού
	Τριπολικός διακόπτης φορτίου
	Τριπολικός διακόπτης φορτίου-αποξεύκτης ή τριπολικός αποξεύκτης φορτίου
	Τριπολικός αποξεύκτης φορτίου με ασφάλειες HRC ή τριπολικός ασφαλειοαποξεύκτης φορτίου
	Τριπολικός διακόπτης ισχύος (Δ.Ι.)
	Συρόμενος τριπολικός διακόπτης ισχύος (ΔΙ)

## Συσκευές διακοπής και απομόνωσης μέσης τάσης

### Ερωτήσεις

1. Να εξηγήσετε τη διαφορά μεταξύ των ρημάτων **διακόπτω** και **απομονώνω** στη μέση τάση.  
Γιατί οι έννοιες αυτές δεν είναι τόσο κρίσιμες στη χαμηλή τάση;
2. Γιατί οι ασφάλειες μέσης τάσης που συναντάμε στους υποσταθμούς ονομάζονται ασφάλειες υψηλής ικανότητας διακοπής (HRC);
3. Περιγράψτε τη λειτουργία μιας ασφάλειας υψηλής ικανότητας διακοπής. Σε τι διαφέρει από τις ασφάλειες χαμηλής τάσης;
4. Τι είναι η χαρακτηριστική λειτουργίας μιας ασφάλειας υψηλής ικανότητας διακοπής;  
Πού τη χρησιμοποιούμε;
5. Τι είναι η χαρακτηριστική περιορισμού του  $I_k$  μιας ασφάλειας υψηλής ικανότητας διακοπής;  
Που τη χρησιμοποιούμε;
6. Με βάση το είδος του ρευστού που υπάρχει στους πόλους του διακόπτη ισχύος, ποια είδη διακοπών ισχύος συναντάμε σήμερα;
7. Γιατί οι διακόπτες ισχύος με λάδι ονομάζονται πτωχού ελαίου (oil minimum);
8. Ποια είναι τα χαρακτηριστικά των υλικών μέσης τάσης που αναφέρονται στην αντοχή τους σε τάση;  
Σε ποια υλικά μέσης τάσης συναντάμε τα χαρακτηριστικά αυτά;  
Να βρείτε τις τιμές (σε kV) των αντίστοιχων χαρακτηριστικών για τα υλικά χαμηλής τάσης.
9. Ποιά είναι τα χαρακτηριστικά του διακόπτη ισχύος που αναφέρονται στην αντοχή του σε ρεύμα;
10. Γιατί οι διακόπτες ισχύος και οι διακόπτες φορτίου - τόσο στη μέση όσο και στη χαμηλή τάση - έχουν δύο ελατήρια στο μηχανισμό λειτουργίας τους;
11. Ποιά είναι τα πλεονεκτήματα του διακόπτη ισχύος πάνω σε φορείο;
12. Ποιά είναι η βασική διαφορά μεταξύ του διακόπτη ισχύος (circuit breaker) και του διακόπτη φορτίου (load switch);
13. Προσθέτοντας σε ένα διακόπτη φορτίου ασφάλειες υψηλής ικανότητας διακοπής τι πετυχαίνουμε;
14. Θέλουμε συντηρήσουμε το Μ/Σ του υποσταθμού. Να αναφέρατε τις ενέργειες που πρέπει να κάνουμε για την ασφαλεία μας.

## Ασκήσεις

1. Να σχεδιάσετε στο μπλοκ σχεδίασης τα παρακάτω σύμβολα :
  - α. Τριπολικό διακόπτη απομόνωσης (αποζεύκτης)
  - β. Τριπολικό διακόπτη φορτίου - αποζεύκτη
  - γ. Τριπολικό διακόπτη φορτίου - αποζεύκτη με ασφάλειες
  - δ. Τριπολικές ασφάλειες
  - ε. Τριπολικό διακόπτη ισχύος
2. Σε διπλό λογαριθμικό χαρτί (αν δεν βρείτε χρησιμοποιήστε απλό μιλιμετρέ χαρτί) να αντιγράψετε τη χαρακτηριστική της ασφάλειας των 50 A (Εικόνα 1.5.1δ). Στη συνέχεια να βρείτε σε πόσο χρόνο θα διακόψει η ασφάλεια για τα παρακάτω ρεύματα
  - α. 100 A
  - β. 200 A
  - γ. 300 A
  - δ. 1000 A
3. Το αναμενόμενο ρεύμα βραχυκυκλώματος στην πλευρά μέσης τάσης είναι 8 kA. Να βρείτε την τιμή κορυφής του ρεύματος βραχυκυκλώματος ( $I_s$ ) στις παρακάτω τρεις περιπτώσεις
  - α. Αν δεν υπάρχουν ασφάλειες HRC στη διαδρομή του σφάλματος
  - β. Αν υπάρχουν ασφάλειες HRC 25 A στη διαδρομή του σφάλματος
  - γ. Αν υπάρχουν ασφάλειες HRC 100 A στη διαδρομή του σφάλματος